



EAWAG

Eine Forschungsanstalt
des ETH-Bereichs



Jahresbericht 1998

**EAWAG – Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung,
Abwasserreinigung und Gewässerschutz**

Inhalt

Einleitung	1
EAWAG-Meilensteine 1998	3
LEITARTIKEL	
Ökostrom aus Wasserkraft – Ein Querprojekt zieht Zwischenbilanz	5
KURZBEITRÄGE AUS DEN TÄTIGKEITSBEREICHEN DER EAWAG	
Umwelttechnologie	11
Verhalten von Stoffen in der Umwelt	26
Ökosystemforschung	40
Umwelt und Gesellschaft	53
EAWAG - INTERN	
Organigramm	62
Beratende Kommission 1998	64
Umweltschutz an der EAWAG	65
Aus dem Personal	67
Finanzen	70
ANHANG	
Kurse und Fachtagungen der EAWAG	73
Lehrveranstaltungen	74
Wissenschaftliche Publikationen	76
Tätigkeit in Kommissionen, Arbeitsgruppen etc.	87
Abgeschlossene Diplomarbeiten, Dissertationen und Habilitationen	90

Impressum

Herausgeberin

Vertrieb und © by EAWAG, CH-8600 Dübendorf
Abdruck mit Quellenangabe und Belegexemplar
erwünscht.

Redaktion

Rudolf Koblet, Jürg Beer, Theresa Büsser, Gerda Thieme

Grafische Darstellungen

Lydia Zweifel

Gestaltung

Dani Schneider, Zürich

Layout

Peter Nadler, Küsnacht

Druck

Meier + Cie. AG, Schaffhausen

Kontaktadresse

EAWAG
Presse und Information
Überlandstrasse 133
CH-8600 Dübendorf
Tel. 01-823 55 11
Fax 01-823 53 98

WWW-Adresse

<http://www.eawag.ch>

E-Mail-Adresse

rudolf.koblet@eawag.ch

Legende zum Titelbild

Detailaufnahme des Brutraumes eines Wasserfloh
(*Daphnia*). Das Bild zeigt ungeschlechtlich produzierte
Eier in einem frühen Entwicklungsstadium. Durchmesser
der Eier 0.1 mm. (Foto: Piet Spaak, EAWAG)



(Foto: H.R. Bramaz, Zürich)

Einleitung

Liebe Leserinnen, liebe Leser

War 1997 das Jahr der Planung für 2000–2003, in dem die Rolle der EAWAG im nächsten Jahrzehnt skizziert wurde, so haben wir 1998 damit begonnen, die EAWAG auf diese Rolle vorzubereiten. Das stand im vergangenen Jahr stark im Vordergrund. Gleichzeitig war der gesamte ETH-Bereich aufgefordert, die gewährte Autonomie schrittweise umzusetzen. Dies brachte zusätzliche Belastungen für viele Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

Solange Erneuerungsvorstellungen nur auf dem Papier oder mündlich zur Diskussion stehen, werden sie relativ schnell akzeptiert. Die tatsächliche Umsetzung dieser Gedanken in Taten stellt die Akzeptanz jedoch immer wieder in Frage, und persönliche Betroffenheit spielt plötzlich eine entscheidende Rolle. Diese Gesetzmässigkeit ist mir beim Einläuten der Reorganisation im September wieder sehr deutlich geworden.

Welches sind die Hauptelemente der Reorganisationsbestrebungen, in denen sich die EAWAG im Moment befindet?

1. Im Zentrum unserer Arbeit steht das Wasser und seine elementare Bedeutung für die Ökologie und die gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklung. Dabei sorgen wir für eine kontinuierliche Verbesserung der Konzepte und Technologien zur Wassernutzung und sind bemüht, ökologische, wirtschaftliche und soziale Interessen am Wasser in Einklang zu bringen. Um diese Mission zu erfüllen, müssen die Synergien zwischen Natur-, Ingenieur- und Sozialwissenschaften verstärkt und die Zusammenarbeit mit unseren Partnern in der Praxis weiter gefördert und verbessert werden.
2. Die Reorganisation hat inhaltlich zum Ziel, die Problemlösungskompetenz, die wissenschaftliche Leistungsstärke, die Durchschlagskraft und die Dynamik der EAWAG zu steigern. Dieser Anspruch duldet keinen Kompromiss, denn er ist die Basis unserer Existenzberechtigung. Die Weiterentwicklung der EAWAG trägt auch dem persönlichen Anliegen der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter nach einem sicheren, entwicklungs-fähigen und persönliche Erfüllung bietenden Arbeitsplatz Rechnung. Auch diese Zielsetzung duldet keinen Kompromiss.
3. Die EAWAG muss so weit verändert werden, dass sowohl die Mission optimal erfüllt als auch die inhaltlichen

Ziele der Reorganisation erreicht werden. Die EAWAG soll ein noch stärkeres und unverwechselbareres Profil auf dem Gebiet «Wasser» erhalten. Dieser Veränderungsprozess und die zukünftigen Aktivitäten der EAWAG fordern von allen eine erhöhte Veränderungsbereitschaft.

Im laufenden Jahr 1999 werden wir die Reorganisation abschliessen, um im Jahr 2000 mit der erfolgreichen Umsetzung der in der Planung für 2000–2003 festgelegten Ziele zu beginnen.

Das Jahr 1998 war jedoch nicht nur durch reorganisatorische Tätigkeiten gekennzeichnet. Es wurden viele neue wissenschaftliche Erkenntnisse erarbeitet und Lösungsvorschläge für die Praxis bereitgestellt. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der EAWAG haben Dissertationen abgeschlossen, sich habilitiert, sich erfolgreich in der Praxis etabliert oder sind gar zu Professoren gewählt worden. Einzelheiten dazu finden Sie, liebe Leserinnen und Leser, auf den nächsten Seiten. Ich wünsche Ihnen beim Lesen viel Vergnügen.

Zum Jahresende 1998 ist Herr Dr. h.c. Ernst Basler als Präsident der Beratenden Kommission zurückgetreten. Er war bereits mehrere Jahre Mitglied dieser Kommission, bevor er 1994 zum Präsidenten ernannt wurde. Mit Ernst Basler verlässt uns ein sehr guter Freund. Die EAWAG verliert eine Person, die der Beratenden Kommission neue Dimensionen verliehen hat und uns alle bestärkte, dass Querdenken ein vitales Element der EAWAG sein muss. Seine Weitsicht und seine berufliche und menschliche Reife haben mir persönlich viel bedeutet. Seine pointierten, umsichtigen Schlussfolgerungen haben mich immer beeindruckt. Im Namen der EAWAG möchte ich Ernst Basler ganz herzlich für seine prägende Mitarbeit danken. Frau Ursula Mauch wurde vom ETH-Rat in seiner Sitzung vom 12. November 1998 zur Nachfolgerin von Ernst Basler ernannt.

In diesen etwas turbulenten Zeiten der Neuorientierung und Verselbständigung des ETH-Bereiches konnten wir immer auf die tatkräftige und wohlwollende Unterstützung des ETH-Rates zählen. Insbesondere sein Präsident, Professor Francis Waldvogel, und sein Vizepräsident und Delegierter, Dr. Stephan Bieri, haben uns in unseren Bestrebungen, eine wissenschaftliche Führungsrolle sowohl national wie international zu übernehmen, immer wieder bestärkt und gefördert.

Die Beratende Kommission hat sich intensiv, kritisch und mit viel Engagement mit unserer Arbeit auseinandergesetzt. Sie stand uns jederzeit mit Rat und Tat zur Seite. Die Mitglieder waren bereit, auch ausserhalb der Sitzungstermine über Fragen unserer zukünftigen Tätig-

keit mitzudenken und mitzuarbeiten. Ihnen allen sei herzlich gedankt.

Meinen beiden Kollegen, Hannes Wasmer und Ueli Bundi, danke ich sehr für die gute Zusammenarbeit bei der Wahrnehmung der Direktionsaufgaben. Ihr steter Einsatz in dieser doch hektischen Phase half, eine effiziente Leitung der EAWAG aufrecht zu erhalten. Mein Dank richtet sich auch an die Leiterinnen und Leiter der Forschungs- und Fachbereiche. Sie haben unter erschwerten Umständen 1998 Enormes geleistet.

Besonders danken möchte ich auch der Personalvertretung für die gute und kritische Zusammenarbeit sowie dem Vorstand und den Angestellten der Interessengemeinschaft Personalrestaurant für die tadellose und flexible Führung der Cafeteria und die freundliche Erledigung so vieler Spezialwünsche.

Schliesslich möchte ich mich bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der EAWAG für ihren überaus effektiven Einsatz und die in den vergangenen Jahren für die EAWAG erbrachten Leistungen bedanken. Viele von ihnen haben die Diskussion um die Neuorientierung der EAWAG massgeblich mitgeprägt und damit wichtige Beiträge geleistet für die Institution als Ganzes. Ihre Arbeit, ihre Hingabe und ihre Begeisterung haben das positive Bild der EAWAG in der Öffentlichkeit noch verstärkt und dazu beigetragen, dass die EAWAG ihren international anerkannten Spitzenplatz halten und weiter ausbauen konnte.

Die Redaktion des vorliegenden Jahresberichtes besorgten Dr. Rudolf Koblet, Theresa Büsser, Dr. Jürg Beer und Gerda Thieme. Die grafischen Darstellungen wurden von Lydia Zweifel angefertigt.



März 1999

Alexander J.B. Zehnder



(Foto: Susi Lindig, Zürich)

EAWAG-Meilensteine 1998

Theresa Büsser

Zahlen über die Forschung und Lehre

Die Zahl der an der EAWAG entstandenen wissenschaftlichen Publikationen kann sich auch 1998 wiederum sehen lassen. Gegen 280 Arbeiten wurden in wissenschaftlichen Zeitschriften und Fachbüchern abgedruckt. Dazu kommen noch 23 Dissertationen und 49 Diplomarbeiten. Eine Mitarbeiterin habilitierte sich an der Universität Bern, drei Mitarbeiter an der ETH Zürich. Rund 250 Vorträge sind gehalten worden, dies entspricht etwa der Zahl des Vorjahres. An der ETH Zürich führten EAWAG-Angehörige 90 Lehrveranstaltungen durch – etwas weniger als 1997.

Grössere Gemeinschaftsprojekte aus Forschung und Beratung

Die 1997 begonnene Zusammenarbeit mit der Compagnie Général des Eaux/Anjou Recherche (CGE/AR) wurde

1998 verstärkt und mit einem Vertrag gefestigt. Für Projekte in den Bereichen Trinkwasser, Abwasserreinigung sowie anorganische und organische Verunreinigungen wird die CGE/AR während drei Jahren jährlich eine Million französische Franc zur Verfügung stellen. Zu den Schwerpunktthemen gehören Bestandesaufnahmen endokrin wirksamer Substanzen sowie von Benzinzusatzstoffen in Abwasser und Trinkwasser, ferner das Problem der Minimierung von Bromat in der Trinkwasseraufbereitung.

Das 1997 gestartete Projekt mit dem CNRS-Laboratorium (Conseil National de la Recherche Scientifique) in Pau, Frankreich, wird weitergeführt. Im Januar fand gemeinsam mit dem CNRS-Laboratorium ein Seminar an der EAWAG statt, das dem gegenseitigen Austausch des Wissens über Vorkommen und Verhalten zinnorganischer Verbindungen in der aquatischen Umwelt diene.

Die «Alliance for Global Sustainability» (AGS) des Massachusetts Institute of Technology, der University of Tokyo und der ETH/EAWAG tagte im Januar 1998 an der ETH Zürich. Die EAWAG ist an mehreren von der AGS mitfinanzierten Projekten aktiv beteiligt. Dabei geht es z.B. um die nachhaltige Wassernutzung auf der Ebene der Wassereinzugsgebiete oder um die Auswirkungen von Benzinadditiven auf die Umwelt. Im Rahmen dieser Projekte wurde die Zusammenarbeit mit dem Massachusetts

Institute of Technology MIT und der University of Tokyo verstärkt und es wurden neue Verbindungen zu weiteren Projektpartnern geknüpft. Im Rahmen des 4. EU-Rahmenprogramms «Environment and Biotechnology» konnten vier neue Projekte gestartet werden. Insgesamt werden zurzeit 12 Projekte mit EU- resp. mit Mitteln des Bundesamtes für Bildung und Wissenschaft finanziert.

Alarmierende Rückgänge der Fischerträge sowie Organschädigungen an Fischen in der Schweiz führten zum gemeinsamen Projekt Netzwerk Fischrückgang Schweiz von BUWAL und EAWAG. Gemeinsam mit Forschungsstellen und den kantonalen Fachstellen werden in diesem Projekt multifaktorielle Ursachen wie chemische, physikalische und hormonelle Einwirkungen genauer unter die Lupe genommen.

In enger Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL ist ein umfassender Statusbericht «Stoffe mit endokriner Wirkung in der Umwelt» entstanden, der im April 1999 erschienen ist.* Er zeigt den aktuellen Wissensstand, Methoden zur Bestimmung endokriner Stoffe, die Beurteilung der Umweltbelastung in der Schweiz sowie künftige Forschungsbedürfnisse bezüglich hormonaktiver Substanzen.

Veranstaltungen

Im vergangenen Jahr besichtigten 12 Besuchergruppen die EAWAG: Sie kamen teilweise von weit her, aus China, Kolumbien und Holland – hauptsächlich aber aus der Schweiz. Im Juli besuchte Staatssekretär Charles Kleiber die EAWAG in Dübendorf und Kastanienbaum, um sich näher über unsere Institution zu orientieren. Im November durften wir die Vorsteher der kantonalen Gewässer- und Umweltschutzämter empfangen, mit denen die EAWAG regelmässig einen Informationsaustausch pflegt. Zudem organisierte die EAWAG im Mai das zehnte so genannte Full Club Meeting der EurAqua, der europäischen Vereinigung der wichtigsten Gewässerinstitutionen.

Zehn verschiedene Praxisorientierte EAWAG-Kurse (PEAK) für rund 180 Teilnehmende konnten erfolgreich durchgeführt werden. «Stoffflüsse verstehen – Stoffflüsse lenken» war das Thema des traditionellen Infotages im September im Technopark Zürich, der auch mit einer Medienorientierung verbunden war.

Medien

Im Januar organisierte die EAWAG anlässlich der Veröffentlichung des Schlussberichtes «Von der Strategie

Umwelt zur Strategie Nachhaltigkeit» eine Medienkonferenz. Grosses Interesse fand dabei die darin entwickelte Vision einer 2000-Watt-Gesellschaft. Die EAWAG geriet auch wegen dem fremdländischen Roten Sumpfkrebs häufig in die Medien, zu dessen Bekämpfung sie den Raubfischbesatz propagierte. In der Sendung «Mensch, Technik, Wissenschaft» (MTW) des Schweizer Fernsehens DRS berichteten EAWAG-Autoren über das Querprojekt «Ökostrom», bei dem es um umweltgerecht produzierten elektrischen Strom geht. Eine weitere Sendung galt dem Problem von Medikamenten im Abwasser. Fachartikel von EAWAG-Autorinnen und -Autoren zu verschiedenen Themen wurden auch in der Neuen Zürcher Zeitung veröffentlicht.

Anmerkungen

* BUWAL-Schriftenreihe Nr. 308. Bern 1999, 257 Seiten.



Foto: Armin Peter, EAWAG

LEITARTIKEL

Ökostrom aus Wasserkraft

Ein Querprojekt zieht Zwischenbilanz

Bernhard Truffer, Jürg Bloesch, Christine Bratrach, Tom Gonser, Eduard Hoehn, Armin Peter, Bernhard Wehrli; Rolf Wüstenhagen (Institut für Wirtschaft und Ökologie, Universität St. Gallen)¹

Das Projekt «Ökostrom», welches im April 1998 offiziell gestartet wurde, setzt sich zum Ziel, die wissenschaftlichen Grundlagen für die Ökozertifizierung von elektrischem Strom aus Wasserkraft zu entwickeln. Darüber hinaus soll die Realisierung eines generellen Ökolabels für Strom unterstützt werden. Die Idee von Ökostrom, nämlich umweltgerecht produzierten Strom zu kennzeichnen und ihn interessierten Kunden anzubieten, hat sich als viel versprechend erwiesen, um der Debatte über Ökologie und Wasserkraftnutzung neue Impulse zu verleihen. Das Verfahrenskonzept soll bis Ende 1999 so

weit entwickelt sein, dass erste Wasserkraftwerke zertifiziert werden können und erste Ökostromprodukte auf dem Markt angeboten werden können.

Ökologie und Wasserkraft in liberalisierten Strommärkten

Unter dem Namen «Ökostrom» wurde im April 1998 ein erstes so genanntes Querprojekt gestartet.² Querprojekte stellen eine neue Form der transdisziplinären Projektorganisation an der EAWAG dar. Die Forschungsarbeit soll dabei in vermehrtem Masse lösungs- und praxisorientiert ausgerichtet werden. Umgekehrt soll auch die Forschung neue Impulse aus der Praxis erhalten. Zum jetzigen Zeitpunkt liegen erste Forschungsergebnisse vor. Ferner konnten auf der Ebene der Realisierung eines Umweltlabels für Strom deutliche Fortschritte erzielt werden.

Ökologische Aufwertung der Wassernutzung

Ausgangspunkt für die Realisierung von «Ökostrom» war die Frage nach Forschungs- und Vollzugslücken im Bereich des quantitativen Gewässerschutzes in der Schweiz. Der quantitative Gewässerschutz befasst sich in der Schweiz neben den Gewässerverbauungen vor allem mit der Nutzung der Gewässer für die Stromproduktion. Dieses Thema war im Vorfeld der Abstimmung

zur Revision des Gewässerschutzgesetzes 1991 politisch heiss umstritten. In den 90er Jahren hat sich die politische Diskussion jedoch radikal geändert. Vor dem Hintergrund der bevorstehenden Liberalisierung des Strommarktes erscheinen ökologische Auflagen einerseits als unbezahlbarer Luxus und werden deshalb bekämpft. Andererseits eröffnet die Liberalisierung aber auch neue Handlungsspielräume für eine umweltgerechtere Stromproduktion. Es gilt heute, diese Chancen zu nutzen, um einen konstruktiveren Dialog zwischen den Interessengruppen einzuleiten. Die Idee einer ökologischen Produktdifferenzierung von Strom erweist sich dabei als viel versprechend, um neue Impulse für die Ökologisierung der Stromproduktion zu setzen.

Kann Wasserkraft Ökostrom sein?

In der Schweiz hat man bereits erste Erfahrungen mit dem Angebot umweltfreundlicher Stromprodukte im Rahmen von Solarstrombörsen gesammelt. Das Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (EWZ), welches hier Pionierarbeit geleistet hat, konnte zeigen, dass für solche Angebote ein grosses Interesse am Markt besteht. Mittlerweile haben über 20 weitere Elektrizitätsgesellschaften «grüne» Stromprodukte in ihrem Angebot (Wüstenhagen, 1998). In der Schweiz ist dabei die Frage nach dem Umgang mit der Wasserkraft zentral. Hier zeigt sich ein Dilemma zwischen der nahezu emissionsfreien Produktionsweise und den zum Teil massiven Folgen für die betroffenen Ökosysteme und Regionen. Da jedoch jedes Energiesystem gewisse ökologische Nachteile mit sich bringt, ist eine transparente und glaubwürdige Zertifizierung von Ökostrom notwendig. International existiert hierfür kein befriedigendes Verfahren.

Was will das EAWAG-Projekt «Ökostrom»?

Das EAWAG-Projekt «Ökostrom» hat sich aufgrund der obigen Überlegungen zum Ziel gesetzt, wissenschaftliche Grundlagen für die Zertifizierung von Strom aus Wasserkraft zu entwickeln und gleichzeitig an der Realisierung eines generellen Ökolabels für Strom mitzuarbeiten.

Die Zertifizierung von Strom ist ein Anliegen breiter Interessenskreise

Es hat sich in den bisherigen Angeboten von Ökostrom gezeigt, dass die Glaubwürdigkeit der Produkte ein zentraler Faktor des Markterfolges ist. Diese Glaubwürdigkeit muss einerseits über saubere wissenschaftliche Grundlagen, andererseits aber auch über eine breite Akzeptanz des Zertifizierungsverfahrens gewährleistet werden. Zu diesem Zweck wurde Anfang 1998 eine Arbeitsgruppe «Ökostromlabel» durch das Ressort «Erneuerbare Energien» des Programms Energie 2000 ins Leben gerufen. In dieser Arbeitsgruppe sind Vertreter und Vertreterinnen der Elektrizitätswirtschaft, der Umweltverbände, der Produzentenverbände erneuerbarer

Energien, der Gebirgskantone, des Bundesamts für Energie, privater Beratungsbüros und der EAWAG vertreten. Diese Arbeitsgruppe beschloss die Gründung eines privatrechtlichen, finanziell selbsttragenden Vereins, der eine unabhängige Verwaltung und Vergabe eines breit abgestützten Ökolabels für Strom garantieren soll. Dieser Trägerverein soll im April 1999 gegründet werden und soll bald darauf erste Stromprodukte zertifizieren können.³ Die Zertifizierung der Wasserkraft soll im Rahmen dieses Gesamtkonzeptes erfolgen.

Aufbau des Projektes

Zeitplan

Am 1. April 1998 wurde das Projekt «Ökostrom» nach einjähriger Vorbereitungszeit offiziell gestartet. In einer ersten Projektphase bis April 2000 soll das Konzept des Bewertungsverfahrens für Wasserkraftwerke entwickelt und anhand von Fallstudien getestet werden. In einer anschliessenden Vertiefungsphase sollen offene wissenschaftliche Fragen geklärt werden. Bereits ab Anfang 2000 sollen erste Zertifizierungen von Wasserkraftwerken erfolgen können.

Arbeitsgruppen und Fragestellungen

Das Projekt umfasst etwa 20 wissenschaftliche Einzelprojekte, welche vier thematischen Arbeitsgruppen zugeteilt sind. Die Leitung des Projektes wird durch eine Projektgruppe wahrgenommen, die sich aus Vertretern und Vertreterinnen der einzelnen Arbeitsgruppen zusammensetzt. Die Projektleitung legt halbjährlich einem Lenkungsausschuss Rechenschaft ab. Dieser setzt sich aus Experten der Elektrizitätswirtschaft, der Umweltverbände und der Wissenschaft zusammen.

Die einzelnen Arbeitsgruppen haben die folgenden Aufgaben:

- Die *Bewertungsgruppe* erarbeitet das Konzept und den Verfahrensablauf für die Zertifizierung «grüner Wasserkraftanlagen»;
- die *Arbeitsgruppe Restwasser* konzentriert sich auf die Ermittlung ökologisch begründeter Mindestwasserregelungen;
- im Zentrum der *Auegruppe* steht die Frage, welche Bedingungen für die ökologische Funktionsfähigkeit von Auen erfüllt sein müssen;
- die *Gruppe Markt und Politik* erforscht betriebswirtschaftliche und energiepolitische Grundlagen für eine erfolgreiche Markteinführung von Ökostromangeboten.

Kooperationen

Das Projekt «Ökostrom» wird in enger Zusammenarbeit mit anderen Forschungs- und Beratungsinstitutionen durchgeführt. Etwa ein Drittel der Projektsumme wird im

Zusammenhang mit einem Forschungsprojekt durch das Umweltschutzamt des Kantons Tessin aufgebracht. In diesem Projekt werden Grundlagen über die Tessiner Auen von nationaler Bedeutung durch das Konsortium CREA⁴ erarbeitet. Daneben arbeiten MitarbeiterInnen der Universität St. Gallen, der Universität Stuttgart, der University of Wyoming, des IRE (Istituto di Ricerche Economiche, Lugano), des Büros Kiefer und Partners (Zürich), der ETH und der Landeshydrologie in diesem Projekt mit. Ferner existieren Kontakte zu Bundesämtern (BUWAL, BWW) und zu kantonalen Energie- und Umweltfachstellen. Schliesslich war uns auch die lokale Kraftwerksgesellschaft im Bleniotal (OFIBLE) bei unseren Forschungsarbeiten eine grosse Unterstützung.

Fallstudie Brenno

Die empirischen Arbeiten der beiden naturwissenschaftlichen Forschungsgruppen werden im Bleniotal, dem Einzugsgebiet des Brenno im Kanton Tessin, durchgeführt. Die Konzentration auf eine Fallstudie ermöglicht eine enge inhaltliche Koordinierung der einzelnen Forschungsprojekte über gemeinsame Probenahmestellen und gemeinsame Fragestellungen. Im Kanton Tessin kann ferner von der Kooperation mit dem Auenprojekt des Umweltschutzamtes des Kantons Tessin profitiert werden. Schliesslich erwies sich das Bleniotalkraftwerk als geeignetes Beispiel eines grösseren Speicherkraftwerkes in den Südalpen⁵, an dem zentrale Fragestellungen exemplarisch untersucht werden können (Abbildung 1).

Wo steht das Projekt heute?

Anlässlich eines Workshops präsentierten die einzelnen Arbeitsgruppen Ende November 1998 die bisherigen Ergebnisse, die im Folgenden zusammengefasst sind:

Die Entwicklung des Zertifizierungsverfahrens

Um wissenschaftliche Grundlagen einer Ökostrom-Zertifizierung zu bestimmen, erarbeitet das Projekt «Ökostrom» ein speziell angepasstes Bewertungsverfahren, das das eigentliche Synthesestück darstellt. Das Bewertungskonzept wird in einem eigenen Einzelprojekt entwickelt und bei bestimmten Fragestellungen durch Diplomarbeiten unterstützt. Ausserdem erhält die Arbeitsgruppenleiterin Unterstützung durch eine Begleitgruppe, die sich aus Vertretern der übrigen Arbeitsgruppen zusammensetzt. Damit soll garantiert werden, dass die einzelnen fachlichen Projekte neben ihrer wissenschaftlichen Fragestellung auch Beiträge zum Bewertungsverfahren liefern und die inhaltliche Synthese der Arbeiten von Beginn an mit berücksichtigt wird.

Das Konzept der Bewertungsverfahren sieht eine Zertifizierung in vier Etappen vor (Abbildung 2):



Abbildung 1: Der Stausee Luzzone im oberen Bleniotal. (Foto: Armin Peter)

Überblickstudie: Sie beschreibt relativ rasch die Basisanforderungen an ein Ökostrom-Kraftwerk und gibt einen Systemüberblick über die wichtigsten Verbesserungspotentiale in den betroffenen Einzugsgebieten.

Detailstudie: Sie enthält eine ausführlichere Untersuchung zur Optimierung lokal angepasster Verbesserungsmassnahmen sowie zu deren ökologischer Wirkung und Kosten.

Selektion der Massnahmen: In diesem Schritt wird aus verschiedenen möglichen ökologischen Verbesserungsmassnahmen die optimale lokale Variante

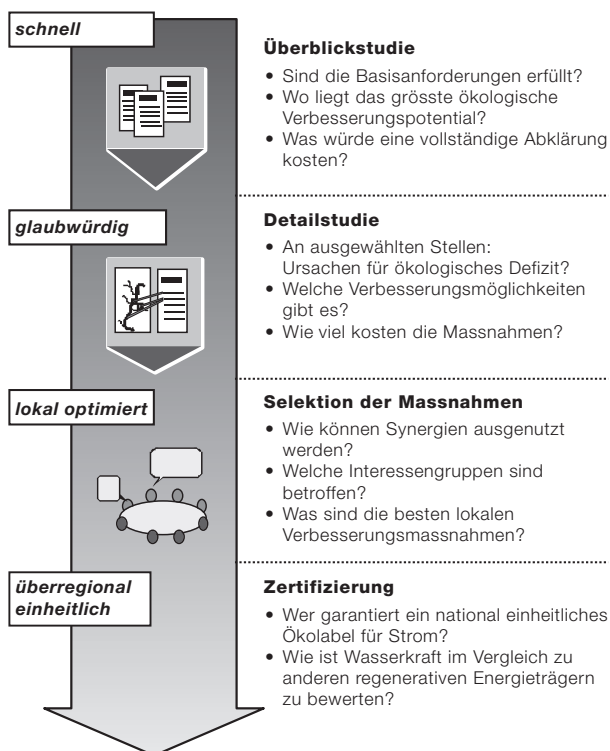


Abbildung 2: Die vier Stufen des Ökostrom-Zertifizierungsverfahrens.



Abbildung 3: Elektrische Abfischung in der unteren Aue des Bleniotals. (Foto: Armin Peter)

bestimmt. Hierzu soll ein Konsensfindungsverfahren durchgeführt werden, welches die wichtigsten lokalen Interessengruppen einschliesst.

Zertifizierung: Die eigentliche Zertifizierung erfolgt durch eine unabhängige Institution.

Das Zertifizierungsverfahren definiert als «Ökostrom-Kraftwerke» alle Kraftwerke, die erstens so genannte allgemeine Ökostrom-Basisanforderungen erfüllen und zweitens im Verhältnis zur verkauften Menge Ökostrom Investitionen in die ökologische Aufwertung ihrer Gewässereinzugsgebiete vornehmen.

Im Laufe des Jahres 1999 wird das Bewertungsverfahren weiter ausgebaut und getestet werden. Neben der Verfahrensentwicklung für alpine Speicheranlagen wird die Übertragung auf andere Kraftwerk- und Gewässertypen vorbereitet.

Ökologische Funktionsfähigkeit in Restwasserstrecken

Die Arbeitsgruppe Restwasser befasst sich mit Analyse- und Prognoseinstrumenten zur Beurteilung der ökologischen Funktionsfähigkeit von Restwasserstrecken und den daraus abzuleitenden ökologisch begründeten Restwasserregelungen.

Systemüberblick im Einzugsgebiet. Der Systemüberblick ist Grundvoraussetzung für das Verständnis eines individuellen Einzugsgebiets. Er gibt einen generellen Eindruck über den Zustand des Lebensraumes und unterscheidet Beeinträchtigungen, die durch das Kraftwerk verursacht wurden, von denjenigen, die durch andere Nutzungen beeinflusst sind (z.B. Verbauungen). Im Zentrum der Betrachtungen stehen der systemhafte Ansatz (catchment approach) sowie die Defizitanalyse. Im Bleniotal wurde 1998 ein Systemüberblick mit Bezug auf Ökomorphologie und Fische durchgeführt, der die wichtigste Grundlage einer Zertifizierung im Rahmen der Überblickstudie darstellt.

Erhebung und Bewertung der ökologischen Funktionsfähigkeit. Die Bedeutung der Biodiversität für die ökologische Funktion alpiner Fließgewässer wird untersucht. Die Frage, ob Restwasserstrecken mit einzelnen Indikatororganismen (z.B. Netzflügelmücken, Bachforellen) beurteilt werden können, wird abgeklärt (Abbildung 3).

Die ökologische Funktionsfähigkeit von Restwasserstrecken soll exemplarisch untersucht und für die Tauglichkeit des Bewertungsverfahrens getestet werden. Dazu gehören fisch- und benthosbiologische Untersuchungen ebenso wie Studien zu Ökosystemprozessen (z.B. Blattabbau, Selbstreinigungsmechanismen und Epiphytenwachstum). Dabei geht es um die Suche nach geeigneten Parametern, die auf menschliche Eingriffe sensibel reagieren und sich auf die Biologie der Restwasserstrecke auswirken. Es könnten damit u.U. billigere Untersuchungsverfahren als die heute gängigen Methoden entwickelt werden.

Entwicklung von Prognoseinstrumenten. Zur Beurteilung und Prognose ökologischer Verbesserungsmaßnahmen werden im Projekt «Ökostrom» speziell angepasste Prognosemodelle entwickelt. Einerseits soll das Temperatur- und Abflussregime mit Hilfe einer erweiterten Version von AQUASIM modelliert werden.⁶ Andererseits soll die Habitatqualität für einzelne Organismen durch eine Kombination aus Abfluss- und Morphologiemodellen und der Verknüpfung mit hydraulischen Habitatansprüchen der Organismen berechnet werden. Dieser Zusammenhang zwischen Hydraulik und Lebensraumansprüchen wird mit dem Modell CASIMIR für benthische Organismen und Fische bei unterschiedlichen Restwasserszenarien modelliert (Jorde und Bratrich 1998). Im Idealfall lassen sich mit diesen Modellen Knickpunkte in der Beziehung zwischen Abfluss und Besiedlung identifizieren, jenseits deren z.B. eine weitere Erhöhung der Restwassermenge keinen grossen ökologischen Effekt mehr hat.

Auswirkungen des Kraftwerksbetriebes. Die im September 1998 untersuchte Spülung des Stausees Luzzone scheint gemäss vorläufiger Ergebnisse aus den Schwebstoffuntersuchungen keine gravierenden Veränderungen im Brenno bewirkt zu haben. Eine weitere Spülung soll 1999 wissenschaftlich begleitet werden. Das Thema «Sunk/Schwellbetrieb» wird in der Fallstudie aus Kapazitätsgründen nur mit Literaturstudien angegangen.

Untersuchungen der Aue-Ökosysteme und des Grundwassers

Auengebiete sind Landschaftselemente in Flussniederungen mit besonders selten gewordenen Biozönosen und Lebensräumen. Sie sind dort intakt, wo einerseits Fließ-

gewässer und Grundwasser in einer naturnahen Beziehung zueinander stehen und andererseits keine nennenswerten Nutzungen des Umlandes bestehen (z.B. Landwirtschaft, Hochwasserschutz, Wasserkraft, Kiesgewinnung). Dies ist in alpinen Gebieten nur noch an wenigen Stellen der Fall. Deshalb sind die Auengebiete in der Schweiz inventarisiert und gesetzlich streng geschützt (Auenverordnung vom 28.10.1992). Das Titelbild S. 5 zeigt die «mittlere» Aue im Bleniotal.

Ökologische Funktionsfähigkeit der Auen. Da die ökologische Funktionsfähigkeit von Auen durch eine breite Reihe von menschlichen Nutzungen beeinflusst wird, ist die Identifizierung von Ursachen allfälliger Störungen sehr komplex. Bis jetzt konnte in den von uns untersuchten Gebieten keine umfassende Ursacheanalyse vorgenommen werden. Im vergangenen Jahr konzentrierten sich die laufenden Forschungsprojekte auf die ökologische Zustandserhebung von Grundwasser- und Auegebieten.

Die «mittleren» Auen zwischen Ponte Valentino und Acquarossa entsprechen nicht der klassischen Lehrbuchsituation, wonach in einer Schwemmebene der Fluss im oberen Teil ins Grundwasser infiltriert und das Grundwasser im unteren Teil wieder exfiltriert. Die bisherigen hydrogeologischen Abklärungen, Bestimmungen des Wasseralters mit der Helium-Tritium-Methode und Modellrechnungen zeigen, dass Hangwässer durch die umfangreichen seitlichen Schuttkegel aus grobkörnigen Lockergesteinen in die Schwemmebene fließen.

Im Grundwasserbereich fern vom Brenno wurden durchschnittliche Wasseralter von zehn Jahren und mehr für die Winterperiode und bis zu zwei Jahren für die Frühlings-, Sommer- und Herbstperiode bestimmt (Matta 1999). Deshalb bleibt abzuklären, auf welcher räumlichen Skala die Grundwassersituation in der Aue durch den Abfluss des Brenno beeinflusst wird. Die durch Hangwasser dominierte Situation scheint in den Südalpen nicht untypisch zu sein (z.B. Puschlav, Maggial, Misox). Den Ergebnissen der mittleren Aue im Bleniotal müssen Untersuchungen an der «unteren» Aue bei Loderio gegenübergestellt werden, damit das Bleniotal in einen grösseren alpinen Zusammenhang gebracht werden kann.

In einem biologischen Teilprojekt wurden die aquatischen Habitate im Auenbereich charakterisiert und die Biodiversität der Benthosfauna bestimmt. Die mittlere Aue weist lediglich einzelne gut strukturierte, artenreiche Habitate auf. Die «untere» Aue hingegen beherbergt sehr viele unterschiedliche Habitate mit insgesamt einer sehr hohen Biodiversität. Solche Habitatskartierungen erweisen sich als geeignetes Instrument, um Auensysteme zu bewerten.

Das Konsortium CREA hat seine Arbeit per Anfang 1999 aufgenommen. Studien zur Auenvegetation, terrestrischen Fauna, zum Grundwasser und Geschiebehauhalt sollen wissenschaftliche Grundlagen liefern für eine Beurteilung der ökologischen Funktionsfähigkeit der Auen am Brenno.

Erfolgsbedingungen von Ökostromangeboten

Im Rahmen der Arbeitsgruppe Markt und Politik wurden Erfolgsbedingungen für Ökostromangebote am Markt untersucht. Die einzelnen Projekte konzentrierten sich auf die Erhebung von nachfrageseitigen Marktpotentialen, die Untersuchung der aktuellen Angebotslage in der Schweiz und die Wahrnehmung von Wasser und Gesundheit im Allgemeinen.

Nachfrage nach Ökostrom. Die Analyse des Marktpotentials im Segment der privaten Haushalte lässt erwarten, dass bis zu 20% der Kunden bereit wären, einen Aufpreis von 20% für umweltverträglich erzeugten Strom zu akzeptieren. Im umsatzmässig etwa doppelt so grossen Segment der Firmenkunden zeigte die Befragung von Unternehmen, dass ebenfalls ein Nachfragepotential für Ökostrom vorhanden ist. So erkennen 45% der befragten Unternehmer an, dass der Bezug von Ökostrom ihnen helfen könnte, die Umweltbelastung in der Beschaffung zu reduzieren. Diese Option wird allerdings stärker als bei Haushalten mit ökonomischen Massstäben gemessen (Truffer 1998).

Aktuelle Angebote. Aufgrund hoher Preise, geringer Wahlmöglichkeiten und wenig professionellem Marketing ist dieses Marktpotential bis heute allerdings kaum ausgeschöpft: Eine Befragung der Schweizer Ökostromanbieter (Wüstenhagen 1998) zeigte, dass der aktuelle Marktanteil von Ökostrom (in sFr.) in den jeweiligen Versorgungsgebieten durchschnittlich ca. 0.3% erreicht. Die Quote der teilnehmenden Haushalte liegt mit durchschnittlich 0.9% etwas höher, da die Haushalte meist nur einen Teil ihres Stromkonsums mit solchen Angeboten abdecken. Höchste Teilnahmequoten werden von den städtischen Elektrizitätswerken von Zürich (2.6%) und Bern (2.5%) erreicht. Der durchschnittliche Mehrpreis, den die Kunden pro kWh bezahlen müssen, liegt bei 440%, wobei das Spektrum von etwa 90% Mehrpreis im Falle eines Windenergie-Anbieters bis zu 770% für einzelne Solarstromprodukte reicht.

Was bleibt zu tun?

Das Querprojekt «Ökostrom» kann auf eine erfolgreiche Startphase zurückblicken. Die Idee einer ökologischen Differenzierung von Strom setzt sich in breiten Kreisen durch. Es ist in der Schweiz mittlerweile auch akzeptiert, dass die Wasserkraft zu den potentiellen Ökostrom-

Energiesystemen gehört, dass hierzu aber in den meisten Fällen zusätzliche Auflagen zur Verbesserung der genutzten Gewässersysteme erfüllt werden müssen. Es zeigte sich sowohl im Kontakt mit den Wasserkraftwerken als auch mit den Umweltorganisationen, dass frische Impulse in der Debatte über Umweltschutz und Wasserkraftnutzung notwendig sind. Es wird 1999 darum gehen, diese positive Ausgangslage zu nutzen und das entwickelte Verfahren konkret umzusetzen.

Im Zuge der zunehmenden Liberalisierung wird Ökostrom verstärkt ein europäisches Thema werden. Deshalb soll im kommenden Jahr eine Harmonisierung der ökologischen Zertifizierungsverfahren im europäischen Raum angestrebt werden. Im März 1999 ist deshalb im Rahmen des Projektes ein internationaler Workshop⁷ zum Thema «Wasserkraft und Ökostrom» durchgeführt worden.

Bezüglich der Koordinierung und Synthesebildung der wissenschaftlichen Einzelprojekte hat sich die Wahl eines gemeinsamen Fallstudiengebietes als sinnvoll erwiesen. Die Ausrichtung auf eine aktuelle Fragestellung hat darüber hinaus viel zur Motivierung der einzelnen MitarbeiterInnen beigetragen. Der Integration der Ergebnisse wird allerdings im nächsten Jahr noch viel Aufmerksamkeit gewidmet werden müssen. Die Spannung zwischen Produktorientierung (Realisierung eines Zertifizierungsverfahrens) und wissenschaftlicher Sorgfältigkeit ist nicht immer leicht aufzuheben. Dennoch zeigen die bisherigen Erfahrungen mit dem Projekt «Ökostrom», dass Querprojekte eine vielversprechende Neuerung an der EAWAG darstellen.

Literatur

- Grasser, C., Kiefer, B.: Businessplan, Qualitätszeichen für Elektrizität. EcoLeader of ReEnergy, Verein zur Förderung nachhaltiger Elektrizität. Kiefer und Partners AG, Zürich 1998.
- Jorde, K., Bratrich, C.: River bed morphology and flow regulations in diverted streams: effects on bottom shear stress patterns and hydraulic habitat. In: «Advances in River Bottom ecology», G. Bretschko, J. Helesic (Eds.). Backhuys Publ., Leiden NL 1998, pp. 47–63.
- Matta, V.: Groundwater modelling a floodplain in the Swiss fore-Alps in connection with potential deregulation of a hydroelectric power plant. EAWAG-interner Bericht 1999.
- Truffer, B., Bloesch, J., Bratrich, C., Wehrli, B.: «Ökostrom»: Transdisziplinarität auf der Werkbank. GAIA 7, No. 1, 26–35 (1998).
- Truffer, B., et al.: Ökostrom – erste Gehversuche eines Querprojektes. EAWAG-Jahresbericht 1997, S. 51–52.
- Truffer, B.: «Green electricity»: ecological product differentiation for the greening of electricity. In: «The greening of industry network: partnership and leadership: building alliances for a sustainable future», Conf.-proc., Rome, November 15–18, 1998.
- Wüstenhagen, R.: Pricing strategies on the way to ecological mass markets, in: «The greening of industry network: partnership and leadership: building alliances for a sustainable future», Conf.-proc., Rome, November 15–18, 1998.

Anmerkungen

- ¹ Im Projekt «Ökostrom» arbeiten ferner (in alphabetischer Reihenfolge nach Institutionen, Stand Ende 1998): *CREA, Locarno*: Gabriele Carraro, Gianfranco Giugni; *EAWAG*: Gianluca Ambrosini, Adrian Ammann, Lisbeth Bieri, Cyril Bonjour, Felix Bürgi, Hans Burkhalter, Matthias Brunke, Ueli Bündi, Christian Dinkel, Gregor Dürrenberger, Barbara Fassnacht, Andreas Frutiger, René Gächter, Mark Gessner, Erwin Grieder, Estelle Grüter, Markus Hofer, Doris Hohmann, Rolf Kipfer, Susanne Kytzia, Antonin Mares, Vijay Matta, Werner Meier, Lorenz Moosmann, Beat Müller, Tom Ravens, Peter Reichert, Thomas Rüttimann, Michael Schurter, Michael Sturm, Francisco Vazquez, Walter Wagner, Alfred Wüest, Kornelia Zepp, Alois Zwysig; *Fachhochschule Berlin*: Thomas Krumm; *IHE Delft*: Jihad Al Sawair, Simone Baptiste; *IRE, Lugano*: Fabio Losa, Roman Rudel; *Kiefer und Partners, Zürich*: Bernd Kiefer; *Landeshydrologie, Bern*: Beat Sigrist; *Mannheimer Verkehrs- und Versorgungsbetriebe*: Jochen Markard; *Sezione protezione acqua e aria del Cantone Ticino, Bellinzona*: Patrizia Baroni, Moreno Celio, Bruno Polli; *Universität Bern*: Sebastian Bellwald; *Universität Freiburg i.Br.*: Lydia Oschwald; *Universität Stuttgart*: Klaus Jorde, Matthias Schneider; *University of Wyoming, Laramie*: Sarah Strauss.
- ² Zur Vorgeschichte dieses Projektes siehe Truffer, B., et al.: 1997 und 1998.
- ³ Eine ausführliche Darstellung des Zwecks und der Struktur dieses Trägervereins sowie der inhaltlichen Anforderungen an ein allgemeines Ökolabel für Strom kann dem Businessplan des Trägervereins entnommen werden (Grasser und Kiefer, 1998).
- ⁴ Das CREA (Consorzio Ricerca Ecosistemi Alluvionali) umfasst das Umweltschutzamt des Kantons Tessin, die privaten Büros Dionea SA, Locarno, und Ecocontrol SA, Locarno, sowie deren Unterakkordanten.
- ⁵ Die Bleniokraftwerke AG produzieren auf drei Kraftwerksstufen (Luzzone, Olivone, Biasca) im Mittel 880 Mio. kWh pro Jahr.
- ⁶ Ausführlicher hierzu der Beitrag von Werner Meier et al. «Wie wird die Wassertemperatur von Bergbächen durch die Wasserkraftnutzung beeinflusst?», in diesem Jahresbericht, S. 45.
- ⁷ EAWAG Workshop mit dem Titel «Hydropower as Green Electricity», 15.–16. März 1999, ETH Zürich.



(Foto: Susi Lindig, Zürich)

**KURZBEITRÄGE AUS DEN TÄTIGKEITS-
BEREICHEN DER EAWAG**

Umwelttechnologie

Löst SORAS das Arsenproblem in Bangladesh?

Martin Wegelin, Stephan Hug, Laura Canonica,
Urs von Gunten, Laura Sigg

Eine schleichende Vergiftung grössten Ausmasses rollt auf Bangladesh zu, dort trinken 50 bis 80 Millionen Menschen Grundwasser mit viel zu hohen Arsenkonzentrationen. Ein Team an der EAWAG versucht, eine einfache Wasseraufbereitung zur Abtrennung des giftigen Arsens zu entwickeln.

Über Generationen holte sich die Bevölkerung im Schwemmlandgebiet von Bangladesh ihr Trinkwasser aus Teichen. Häufige Durchfallerkrankungen waren die Folge. Durch grosse Brunnenbauprogramme wurde das bakteriologisch verunreinigte Teichwasser in den

letzten 25 Jahren durch Grundwasser ersetzt. Die Anstrengungen waren erfolgreich, heute werden 95% der Bevölkerung mit Grundwasser versorgt und die Infektionsrate der Durchfälle reduzierte sich um die Hälfte. Vor vier Jahren aber wurden bei den Menschen erste Arsenvergiftungen diagnostiziert und mit grossem Schrecken stellte man fest, dass das genutzte Grundwasser teilweise hohe Arsenkonzentrationen aufweist. Das Ausmass der Arsenkontamination ist oft kleinräumig sehr verschieden gross. Das Arsen ist in den Böden und Sedimenten natürlich vorhanden. Man vermutet, dass Arsen unter anaeroben Bedingungen durch Auflösung von Eisenoxiden mobilisiert wird und in das Grundwasser gelangt. Internationale und nationale Hilfsorganisationen sind nun daran, das Ausmass der Katastrophe abzuschätzen, die betroffene Bevölkerung aufzuklären (z.B. über die Symptome der Arsenvergiftung) und nach Lösungen für das Trinkwasserproblem zu suchen (vgl. Beitrag Zobrist et al. S. 31).

Im Auftrag der schweizerischen Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA) forscht die EAWAG nach einer einfachen Methode, Arsen aus dem Trinkwasser abzutrennen. Dazu wird an einem Verfahren gearbeitet, welches das Sonnenlicht für die Photo-Oxidation und die

Sedimentation zur Abtrennung des Arsens nutzt und vom Forscherteam SORAS genannt wird (**S**olar **O**xidation and **R**emoval of **A**r**S**enic from Drinking Water).

Im ersten Schritt von SORAS wird dreiwertiges Arsen, As(III), zum fünfwertigen As(V) oxidiert. Diese zwei Oxidationsstufen von Arsen zeigen ähnlich wie Chrom (siehe Beitrag S. 26) ein unterschiedliches chemisches Verhalten. As(V) ist weniger giftig als As(III). Der wirkliche Vorteil aber liegt darin, dass As(V) ähnlich wie Phosphat stark an Feststoffen adsorbiert und daher leichter abgetrennt werden kann. Bei der Entarsenung von Trinkwasser wird üblicherweise mit Ozon, Chlor oder Permanganat oxidiert. Da diese Oxidationsmittel im ländlichen Bangladesh nicht vorhanden und schwierig zu handhaben sind, behilft man sich im SORAS-Verfahren mit der Herstellung der Oxidationsmittel mittels Sonnenlicht. Hierbei dient Eisen, das als Fe(II) und Fe(III) im Brunnenwasser in Bangladesh natürlich vorhanden ist, als Katalysator. Wie in der Abbildung gezeigt, absorbieren Fe(III) und organische Fe(III)-Komplexe Sonnenlicht und produzieren in sauerstoffhaltigem Wasser Superoxid, Wasserstoffperoxid und Hydroxylradikale, welche As(III) zu As(V) oxidieren können. Im folgenden zweiten Schritt wird das As(V) an einen Feststoff adsorbiert und so entfernt. Dies kann durch Filtern des Wassers durch einen adsorbierenden Filter (Ton, Zeolit u.ä.) oder durch Adsorption an die sich im Wasser bildenden Eisenoxidpartikel erfolgen. Im Brunnenwasser, das über 2 mg Eisen [meist zuerst gelöstes Fe(II)] enthält, bilden sich unter Einfluss von Luftsauerstoff feine Eisenoxidpartikel, die As(V) adsorbieren und durch Absetzen oder Filtration abgetrennt werden können. Das SORAS-Verfahren soll in einfachen

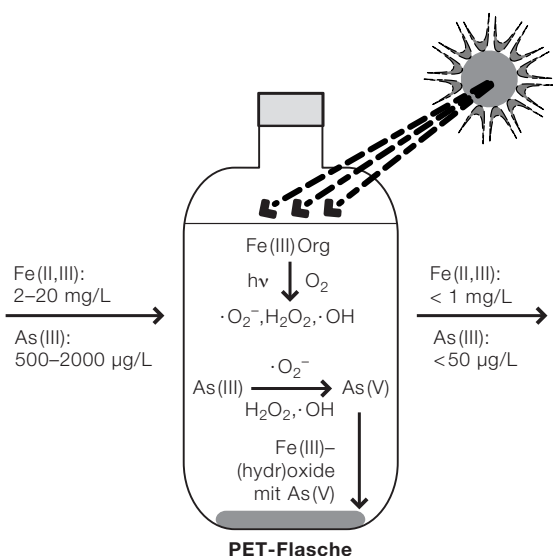


Abbildung: Schematische Darstellung des SORAS-Prozesses (Erklärungen im Text).

PET-Flaschen durchführbar sein. Zurzeit werden im Labor Tests unter simulierten Bedingungen durchgeführt. Da die Zusammensetzung der Brunnenwasser in Bangladesh von Brunnen zu Brunnen stark variiert, muss der Einfluss verschiedener Bedingungen getestet und das Verfahren für die jeweiligen Verhältnisse optimiert werden.

Nach erfolgreichem Abschluss der Laboruntersuchungen der EAWAG soll SORAS in Bangladesh im Feld getestet und zu einer Wasseraufbereitungsmethode weiterentwickelt werden, welche unter einfachsten Bedingungen auf Haushaltsebene eingesetzt werden kann. Menschen, nicht nur in Bangladesh, sondern ebenso im angrenzenden West-Bengalen, aber auch in der Mongolei und in Argentinien leiden unter einer wasserbedingten, schleichenden Arsenvergiftung – SORAS könnte auch ihnen Hilfe bieten.

Einfluss von Carbonat auf Ozonungsprozesse: Stabilisierende versus destabilisierende Wirkung

Juan Acero, Urs von Gunten

OH-Radikale, welche bei der Ozonung von Trinkwasser entstehen, reagieren zum Teil mit Carbonat/Bicarbonat unter Bildung der entsprechenden Radikale. Carbonat/Bicarbonat-Radikale reagieren nicht direkt mit Ozon und bewirken somit eine Stabilisierung. Hingegen reagieren Carbonat/Bicarbonat-Radikale mit Wasserstoffperoxid unter Bildung von Superoxidradikalen, welche zu einer raschen Transformation von Ozon in OH-Radikale führen. Diese Reaktion wird für den beschleunigten Abbau von Ozon bei Prozessen der weitergehenden Oxidation (AOP) wichtig, falls die Kombination Ozon/Wasserstoffperoxid verwendet wird.

Die mehr oder weniger rasche Abnahme von Ozon (O₃) im Wasser ist eine Folge von einerseits direkten Reaktionen von O₃ mit Wasserinhaltsstoffen und andererseits einer Radikalkettenreaktion (Abbildung 1, rechte Seite). Die durch den Zerfall von O₃ entstehenden OH-Radikale reagieren in natürlichen Wässern vor allem mit Carbonat/Bicarbonat und natürlichem organischem Material (NOM). Carbonat/Bicarbonat und ein Teil des NOM bilden eine Senke für OH-Radikale, ohne weitere Auswirkungen auf die Radikalkettenreaktionen zu haben (Inhibitoren). Ein anderer Teil des NOM reagiert mit OH-Radikalen und Sauerstoff unter Freisetzung von Superoxidradikalen, welche rasch mit O₃ zu OH-Radikalen weiterreagieren (Promotoren). Die Stabilität von O₃ im Trinkwasser hängt somit im Wesentlichen vom Verhältnis der Promotoren und Inhibitoren ab. In Wässern mit hoher Alkalinität und

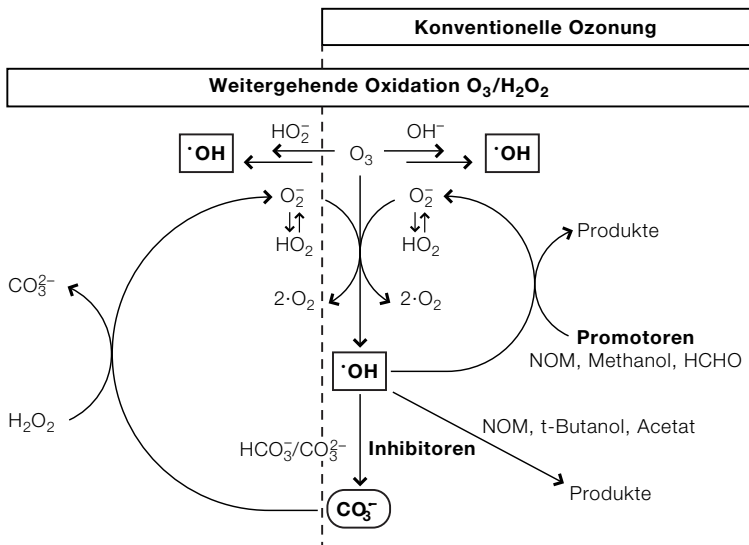


Abbildung 1: Reaktionen, welche bei der Umwandlung von Ozon in OH-Radikale wichtig sind. Rechter Teil: Konventionelle Ozonung. Alle Reaktionen: weitergehende Oxidation (Prozess O_3/H_2O_2).

einem tiefen Gehalt an NOM ist deshalb die Ozonstabilität höher als im umgekehrten Fall. Wird nun eine konventionelle Ozonung zwecks Elimination von organischen Spurenstoffen (z.B. Pestizide) durch Zugabe von Wasserstoffperoxid zu einer weitergehenden Oxidation umgerüstet, bewirken die sekundär gebildeten Carbonat/Bicarbonat-Radikale eine Beschleunigung des Ozonzerfalls. Dies ist bedingt durch die Reaktion von Carbonat/Bicarbonat-Radikalen mit Wasserstoffperoxid, wobei wiederum Superoxidradikale gebildet werden (Abb. 1, linke Seite). Abbildung 2 zeigt die Ozonabnahme in einem destillierten Wasser in Anwesenheit von H_2O_2 (Inhibitoren: t-Butanol als NOM-Ersatz und Bicarbonat), in dem die totale Konzentration an Radikalfängern konstant gehalten, und der Anteil von Bicarbonat zwischen 40–100% variiert wurde. Eine Erhöhung des Anteils von Bicarbonat an der Gesamtkonzentration von Radikalfängern bewirkt eine Destabilisierung von O_3 , solange

H_2O_2 nicht ganz verbraucht ist. Bei gleich bleibender Konzentration an Radikalfängern bewirkt Carbonat/Bicarbonat im Kombinationsprozess O_3/H_2O_2 somit eine Verschlechterung der direkten Oxidation mit O_3 und eine Beschleunigung der Oxidation von Spurenstoffen, welche nicht oder nur langsam mit O_3 direkt reagieren.

Fischproduktion in einer Aquakultur zur Nutzung des Prozesswassers einer Vergärungsanlage

Andreas Graber, Armin Peter

Um die regionalen Stoffflüsse zu optimieren, können kommunale Grünabfälle zu Biogas und Kompost vergärt werden. Das dabei anfallende Prozesswasser soll bestmöglichst ausgenutzt werden. Durch «ecological engineering» kann das Prozesswasser statt in die Kläranlage in Aquakultursysteme eingeleitet werden. Dabei lassen sich die Nährstoffe in einer Nahrungskette zur Produktion von Wasserpflanzen, Daphnien, Edelkrebsen und Fischen einsetzen.

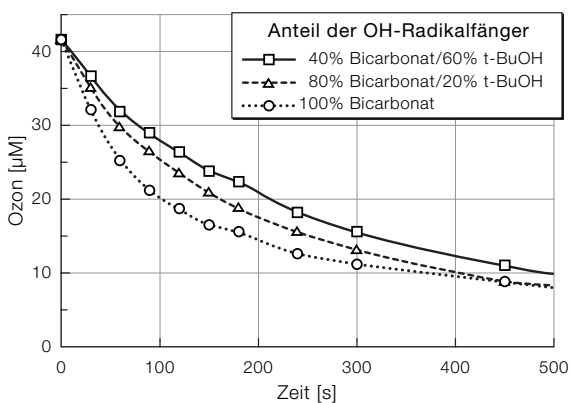


Abbildung 2: Einfluss von Bicarbonat auf die Ozonstabilität im Prozess O_3/H_2O_2 . Mit zunehmendem Anteil von Bicarbonat an der totalen Konzentration der Radikalfänger wird Ozon schneller umgewandelt.

In Otelfingen ZH wird durch die W. Schmid AG eine derartige Anlage betrieben, und die kommunalen Grünabfälle werden in einer Kompogas-Anlage vergärt. Dabei fallen jährlich rund 2500 m^3 Prozesswasser mit einem hohen Gehalt an Nährstoffen an. Ein Grossteil wird zusammen mit der Komposterde in die Landwirtschaft zurückgeführt.

In Zusammenarbeit mit der Hochschule Wädenswil (HSW) wurde ein Projekt durchgeführt, das als Ziel die Umwandlung der Nährstoffe im Prozesswasser in nutzbare Biomasse verfolgte. Durch «ecological engineering» wird



Abbildung: Eine Tilapie. Wenn die Wassertemperaturen in den Aquarien über das ganze Jahr hoch gehalten werden können, ist die Tilapie unter den getesteten Fischen klar die geeignetste Fischart in der Aquakultur. (Foto: Andreas Graber)

das Prozesswasser statt in die Kläranlage in Aquakultursysteme eingeleitet. Hier werden die Nährstoffe in einer aquatischen Nahrungskette zur Produktion von Wasserpflanzen, Daphnien, Edelkrebsen und Fischen eingesetzt. In den folgenden Ausführungen richten wir unser Augenmerk auf die Fische. Dabei stellte sich die Frage, ob sich die Zwischenprodukte der Aquakultur effizient in Speisefische umsetzen lassen. Die anorganischen Nährstoffe sollen über eine aquatische Nahrungskette in für den Menschen nutzbare Biomasse umgesetzt werden.

Als Fischfutter standen die in der Anlage produzierten Wasserflöhe (*Daphnia magna*) und Wasserlinsen (*Lemna* ssp.) zur Verfügung. Um abzuklären, welche Fischarten sich unter den gegebenen Voraussetzungen für die Aquakultur besonders gut eignen, wurden Versuche mit vier Fischarten durchgeführt. Als einheimische Fischarten wurden der Karpfen (*Cyprinus carpio*) und die Schleie (*Tinca tinca*) verwendet, die mit zwei exotischen Fischarten, dem Silberkarpfen (*Hypophthalmichthys molitrix*) und Tilapien (*Oreochromis niloticus*) verglichen wurden. Weiter sollte abgeklärt werden, ob Monokulturen (nur eine Fischart pro Aquarium) oder Polykulturen (mindestens zwei Arten pro Aquarium) zu bevorzugen sind.

Die Tilapien verwerteten mit der gefütterten Daphnien-Wasserlinsen-Diät das Futter am effizientesten. Tilapien sind aber auf eine hohe Wassertemperatur angewiesen (>21 °C) und erleiden bei niedrigeren Temperaturen (<21 °C) hohe Mortalitäten, unterhalb 18 °C stellen sie

die Nahrungsaufnahme völlig ein. Sie sind daher nur im Sommer für die Haltung in Aussenanlagen geeignet. Lässt sich die Wassertemperatur aber ganzjährig auf mindestens 21 °C halten, ist die Tilapie klar die geeignetste Fischart für die Aquakultur.

Karpfen und Schleien verwerteten das aufgenommene Futter ähnlich, wobei die Karpfen einen wesentlich höheren Anteil an Wasserlinsen aufnahmen. Werden die Wachstumsraten (durchschnittlicher Zuwachs eines Fisches in Prozenten des Körpergewichtes pro Zeiteinheit) miteinander verglichen, erreichen Tilapien und Karpfen gleiche Zuwachsraten, während Schleien nur halb so schnell wachsen. Silberkarpfen wuchsen in Polykulturen mit den anderen Arten deutlich schneller als in der Monokultur. Karpfen und Tilapien wuchsen in Poly- und Monokulturen gleich. Dass das Alter der verwendeten Fische eine wichtige Rolle spielt, zeigte sich bei Karpfen und Schleien deutlich. Zweijährige Karpfen und Schleien verloren in der Aquakultur stetig an Gewicht. Offensichtlich konnten diese, im Gegensatz zu den einjährigen Fischen, die Diät aus 17% Daphnien und 83% Wasserlinsen nicht verwerten.

Der Versuch, den anfallenden Flüssigdünger in der untersuchten Anlage in Fischbiomasse umzusetzen, ist abschliessend als positiv zu beurteilen. Unter den einheimischen Fischarten eignet sich dazu besonders der junge Karpfen, bei den exotischen Fischarten die Tilapie. Dies allerdings nur, wenn die ihr entsprechenden Wassertemperaturen erreicht werden.

Biologische Entstickung von ammoniumreichem Abwasser

Christian Fux, Gerhard Koch, Konrad Egli, Jan Roelof van der Meer, Hansruedi Siegrist

Bei der Faulung in kommunalen Kläranlagen entsteht ein stark ammoniumhaltiges Abwasser, dessen interne Rückführung eine zusätzliche Belastung der Biologie von 15–20% ergibt. Neue Verfahren versprechen eine sehr kostengünstige und effiziente separate biologische Reinigung dieses Teilstroms. In Zusammenarbeit mit der Kläranlage Werdhölzli ZH werden im Rahmen einer mikrobiologischen (Konrad Egli) und einer verfahrenstechnischen Dissertation (Christian Fux) Abbaumechanismen identifiziert und Dimensionierungsgrundlagen erstellt.

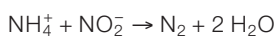
Das bei der Schlammbehandlung anfallende Faulwasser ist sehr ammoniumreich (600–1000 g NH₄-N/m³) und wird heutzutage der biologischen Stufe der Kläranlage

zugeführt, was zu einer starken Stickstoff-Rückbelastung führt. Mit einer separaten Behandlung wird die Biologie substantiell entlastet, wodurch die Stickstoffelimination erhöht wird, ursprünglich anoxisches Beckenvolumen für die biologische Phosphor-Elimination zur Verfügung steht und Belüftungsenergie eingespart werden kann.

Neue Verfahren zur biologischen Stickstoffelimination im Faulwasser: Beim eher konventionellen SBR-Verfahren (**S**equencing **B**atch **R**eactor) wird in einem Reaktor zyklisch zwischen aeroben und anoxischen Bedingungen hin- und hergeschaltet und das Abwasser chargenweise zugegeben. Während der aeroben Phase wird Ammonium durch Nitrifikanten zu Nitrat oxidiert. Nach einer bestimmten Zeit wird auf anoxische Bedingungen umgestellt, so dass Nitrat durch die Denitrifikation zu gasförmigem Stickstoff (gewünschtes Endprodukt) reduziert werden kann. Die Stickstoffeliminationsleistung dieses Verfahrens ist gut, aber der hohe Sauerstoffbedarf der Nitrifikation und der Einsatz einer externen Kohlenstoffquelle zur Denitrifikation wirken sich negativ auf die Betriebskosten aus.

Im Gegensatz zum SBR-Verfahren läuft beim SHARON-Verfahren (**S**ingle **R**eactor System for **H**igh **A**mmonium **R**emoval **O**ver **N**itrite) die Nitrifikation aufgrund verfahrenstechnischer Änderungen nur noch bis zum Zwischenprodukt Nitrit statt bis zum Endprodukt Nitrat ab, so dass etwa 25% des Sauerstoffs eingespart werden können. Bei der anschließenden Denitrifikation von Nitrit anstelle von Nitrat zu elementarem Stickstoff können zusätzlich 40% der erforderlichen externen Kohlenstoffquelle (z.B. Methanol) eingespart werden. Nur sehr wenige grosstechnische Anlagen werden heutzutage mit diesem neuartigen Verfahren betrieben. Für eine stabile Betriebsweise ist eine zuverlässige Kontrolle von pH und Temperatur sowie deren Regelung wesentlich.

Zur Oxidation von Ammonium sind bis anhin nur aerobe Systeme in Betracht gezogen worden. Kürzlich wurde festgestellt, dass Ammonium bei ammoniumreichen Abwässern auch unter anoxischen Bedingungen oxidiert wird. Diesem völlig neuen biologischen Prozess wurde der Name ANAMMOX (**A**naerobic **A**mmonium **O**xidation) gegeben, wobei Nitrit mit Ammonium gemäss unten angegebener Reaktionsgleichung im Verhältnis 1:1 zu elementarem Stickstoff oxidiert.



Da im Faulwasser kein Nitrit vorhanden ist, muss dieses durch ein anderes Verfahren zuerst produziert werden. So können zum Beispiel durch einen vorgeschalteten aeroben Belebtschlammreaktor (analog zum ersten Teilschritt des SHARON-Verfahrens) ca. 50% des Ammo-

niums zu Nitrit oxidiert werden, so dass eine für das ANAMMOX-Verfahren optimale Abwasserzusammensetzung entsteht. Im darauf folgenden unbelüfteten ANAMMOX-Reaktor lassen sich auf einem geeigneten Trägermaterial autotrophe Bakterien in Form eines Biofilms züchten, welche das gebildete Nitrit zusammen mit dem noch vorhandenen Ammonium vollständig zu elementarem Stickstoff umwandeln. Mit diesem kombinierten SHARON-ANAMMOX-Verfahren (vgl. Abbildung) lässt sich der Sauerstoffbedarf um über 60% reduzieren, und es ist keine externe Kohlenstoffquelle mehr erforderlich.

Da die Wachstumsgeschwindigkeit dieser ANAMMOX-Bakterien sehr klein ist, beträgt die Einfahrphase für dieses Verfahren mehrere Wochen. Ein Verlust der Biomasse durch Ausschwemmen oder Vergiftung hat deshalb gravierende Auswirkungen auf den weiteren Betrieb. Trotzdem gilt diesem Verfahren besonderes Interesse, da aufgrund erster Versuchsergebnisse eine hohe Stickstoffeliminationsleistung mit geringem Ressourcenverbrauch erwartet werden kann.

Ausblick: Neue biologische Verfahren zur Behandlung von stickstoffreichen Abwässern können die separate Behandlung von Rückläufen aus der Schlammbehandlung begünstigen. Pilotversuche mit dem konventionellen SBR-Verfahren mit Methanol als Kohlenstoffquelle zeigen, dass eine nahezu vollständige Stickstoffelimination sicherlich möglich ist. Weitere Versuche im Labor- und Pilotmassstab sowie auch mikrobiologische Analysen sollen aber zeigen, ob die zuvor diskutierten neuen Verfahren (SHARON, ANAMMOX) zur Entstickung von Rückläufen aus der Schlammbehandlung ebenfalls geeignet und ökonomisch vielleicht sogar interessanter sind.

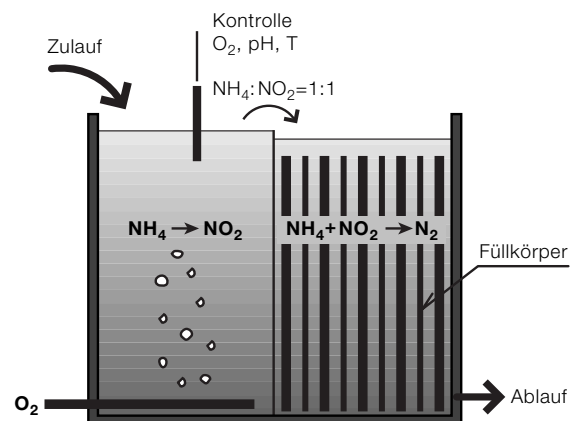


Abbildung: Reaktorkonfigurationen des kombinierten SHARON-ANAMMOX-Verfahrens. Im linken Teil des Reaktors wird aus der Hälfte des Ammoniums Nitrit produziert. Im rechten Teilreaktor findet der ANAMMOX-Prozess statt (Erklärung im Text).

Verfahrenstechnische Dimensionierung der erhöhten biologischen Phosphatelimination aus kommunalem Abwasser

Martin Kühni

Der Prozess der erhöhten biologischen Phosphatelimination erlaubt den weitgehenden Verzicht auf den Chemikalieneinsatz zur Phosphatfällung auf schweizerischen kommunalen Kläranlagen. Dies zeigen gross-technische Versuche auf den Anlagen Zürich Werdhölzli und Neugut Dübendorf. Der Ablaufgrenzwert für Gesamtphosphor von 0.8 mg P/l kann zusammen mit einer 60–80%igen Stickstoffelimination erreicht werden. Neben der Fällmitteleinsparung resultieren daraus Reduktionen bei der produzierten Klärschlammmenge (5–10%) sowie beim Energiebedarf (ca. 10%). Obwohl gegenüber der chemischen Phosphatelimination ein zusätzliches sauerstoffreiches Volumen notwendig ist, kann eine Vergrößerung des gesamten Bauvolumens der Anlagen vermieden werden, falls spezifische verfahrens- und regeltechnische Anpassungen vorgenommen werden.

Die Elimination der Nährstoffe Phosphat und Nitrat aus dem Abwasser ist momentan die Hauptaufgabe der kommunalen Kläranlagen. Alle Anlagen der Schweiz entfernen Phosphat mittels chemischer Fällung. Ihr Ersatz durch den mikrobiellen Prozess der erhöhten biologischen Phosphatelimination (Bio-P) bedeutet neben der Fällmitteleinsparung (Eisen- oder Aluminiumsalze) eine Reduktion der zu entsorgenden Klärschlammmenge um 5–10%. Die Schlammentsorgung ist heute der wichtigste ökonomische Faktor im Kläranlagenbetrieb.

Um die grosstechnische Realisierung der Bio-P unter schweizerischen Abwasserbedingungen abzuklären, wurden während drei Jahren Versuche im Grossmassstab auf den Kläranlagen Zürich Werdhölzli und Neugut Dübendorf durchgeführt. Stoffbilanzierungen erfolgten durch die Beprobung der Zu- und Abläufe mittels Sammelproben. Die Dynamik der Nährstoffe in den einzelnen

Becken wurde mittels Online-Analytik und Stichproben verfolgt.

Die Versuche zeigen, dass eine Ablaufkonzentration für Gesamtphosphor von weniger als 0.8 mg P/l allein durch Bio-P erreichbar ist. Gleichzeitig ist eine 60–80%ige Stickstoffelimination möglich. Dazu kommt eine Energieeinsparung von 10–20% gegenüber nicht stickstoffeliminerenden Anlagen. Die Abbildung zeigt mittlere tägliche Phosphat-Ablaufkonzentrationen sowie Gesamtphosphor-Zulaufkonzentrationen der Versuchsanlage Neugut über mehrere Wochen. Auffällig sind die hohen Ablaufwerte zu Wochenbeginn, welche zu einer deutlichen Überschreitung des Ablaufgrenzwerts für Gesamtphosphor von 0.8 mg P/l führen. Diese hohen Ablaufwerte sind auf eine mangelhafte Kohlenstoffversorgung während des Wochenendes zurückzuführen (s. unten).

Bio-P-Anlagen benötigen ein sauerstoff- und nitratfreies Becken, was eine enge Koppelung der Bio-P mit der Nitratelimination (Denitrifikation) erforderlich macht. Beide Prozesse sind auf den abbaubaren Kohlenstoff im Anlagenzulauf angewiesen. Bei sorgfältiger «Bewirtschaftung» des Zulauf-Kohlenstoffs ist kein Einsatz externer Kohlenstoffquellen zum Erreichen obiger Leistungen notwendig. Diese «Bewirtschaftung» umfasst beispielsweise eine «Doppelnutzung» des Kohlenstoffs zur Denitrifikation und für die Bio-P, die Reduktion der Belüftung, evtl. die Stickstoffelimination aus den Rückläufen der Schlammbehandlung und evtl. die Bereitstellung von zusätzlichem Kohlenstoff durch Schlammversäuerung.

Das für Bio-P-Anlagen benötigte sauerstoff- und nitratfreie Volumen kann ohne Vergrößerung des Gesamt-Beckenvolumens durch Reduktion einerseits des belüfteten Volumens und andererseits des Volumens zur Denitrifikation bereitgestellt werden. Diese Reduktion wird durch die wegfallende Schlammmenge aus der chemischen Fällung, durch die Verkleinerung des maximalen Zulaufs und der damit verbundenen Erhöhung

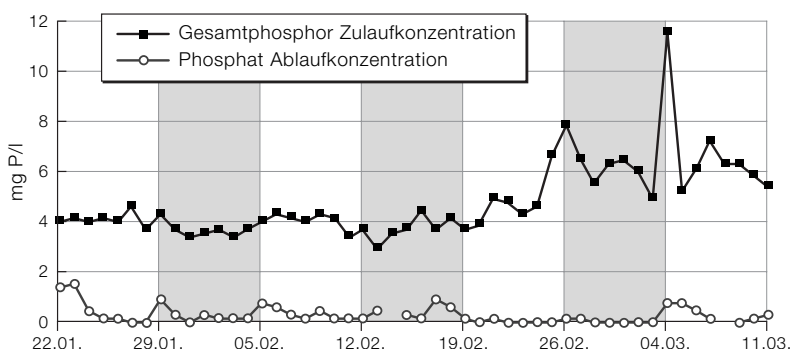


Abbildung: Tagesmittelwerte der Phosphat-Konzentration im Ablauf sowie der Gesamtphosphor-Konzentration im Zulauf der Bio-P-Versuchsanlage Neugut Dübendorf im Winter 1996. Die Montage sind mit dem Datum bezeichnet.

der Belebtschlammkonzentration sowie evtl. durch die separate Behandlung der Rückläufe aus der Schlammbehandlung erreicht.

Die Dynamik der Bio-P ist für die Praxis von grosser Relevanz. Die erhöhten Phosphat-Ablaufwerte zu Wochenbeginn (Abbildung) vergrössern die mittlere Gesamtfracht signifikant um rund 60% und sind durch spezifische Massnahmen unter Einbezug der Steuer- und Regelungstechnik zu beheben. Solche Massnahmen umfassen die gesteuerte resp. geregelte chemische Ergänzungsfällung, evtl. die Dosierung von kohlenstoffreichem Wasser aus einer Schlammversäuerung und die Belüftungsreduktion bei tiefen Ammonium-Ablaufwerten.

Kunststoffteilchen statt Beton – Alternative zum Ausbau von Kläranlagen

Max Maurer

Zahlreiche schweizerische Abwasserreinigungsanlagen werden momentan saniert und erweitert. In Zusammenarbeit mit dem Abwasserverband Region Baden-Wettingen und dem BUWAL testete die Abteilung Ingenieurwissenschaften die Eignung eines Wirbelbettverfahrens zur Nitrifikation und Denitrifikation. Nach den vorliegenden Resultaten werden für die Denitrifikation im Vergleich zur Belegung sehr kleine Beckenvolumina benötigt, die Nitrifikation ist jedoch mit einem deutlich höheren Energieverbrauch verbunden und die Volumeneinsparungen für den belüfteten Teil sind gering.

Im Zuge des Um- und Ausbaus der Kläranlage Laufäcker in Turgi, die das Abwasser der Region Baden-Wettingen reinigt, stand ein für schweizerische Bedingungen neuartiges Verfahren zur Diskussion. Das so genannte Wirbelbettverfahren ist ein Biofilmverfahren, in dem die für die Reinigung verantwortlichen Mikroorganismen auf einer Oberfläche aufwachsen. Das Abwasser strömt über diesen «belebten Rasen», so dass die Schmutzstoffe in den Film dringen und dort von den Kleinstlebewesen abgebaut werden können.

Charakteristisch für das untersuchte Wirbelbettverfahren ist die Verwendung von kleinen hohlen Trägerteilchen und Schaumstoffen mit einigen Millimetern Durchmesser. Diese Teilchen dienen als Aufwuchsfläche für den biologischen Film und werden zu diesem Zweck in normalen Becken suspendiert und in Bewegung gehalten (*verwirbelt*).

Von diesem Verfahren erhofft man sich, durch einen einfachen Umbau von bestehenden Belebtschlammanlagen



Abbildung: Blick auf die beiden Versuchsanlagen auf der ARA Laufäcker (Turgi, AG). Unter der im Hintergrund sichtbaren Abdeckung ist die halbtechnische Pilotanlage verborgen. (Foto: Max Maurer)

bessere Abbauleistungen mit den bestehenden Beckenvolumina erreichen zu können. Dies macht das Verfahren für eine ganze Reihe von aktuellen oder anstehenden Sanierungen attraktiv. Allerdings sind die Erfahrungen bezüglich Betrieb und Leistung mit schweizerischem Abwasser noch gering.

Aufgrund dieser Unsicherheiten hat der Vorstand des Abwasserverbandes Region Baden-Wettingen (AVRBW) zusammen mit dem BUWAL beschlossen, einen Versuchsbetrieb gemeinsam mit der EAWAG-Abteilung Ingenieurwissenschaften zu fahren. Dazu wurde ein rund 860 m³ grosses Becken für das Wirbelbettverfahren mit Kunststoffteilchen der norwegischen Firma Kaldnes umgebaut (Abbildung). Parallel dazu wurde eine Pilotanlage mit 1.7 m³ Beckenvolumen betrieben, in der zwei verschiedene Biofilmträger, Kaldnesteilchen und Schaumstoffwürfel mit 1 cm Kantenlänge, im Einsatz waren.

Untersucht wurden hauptsächlich die biologischen Prozesse für die Stickstoffelimination in der kommunalen Abwasserreinigung. Dazu gehört die Nitrifikation (Oxidation von Ammonium zu Nitrat) und die Denitrifikation (Reduktion von Nitrat zu Luftstickstoff). Das rund einjährige Projekt wurde kürzlich abgeschlossen. Zusammengefasst sind die folgenden Resultate bemerkenswert:

- Die Denitrifikationsleistung des Wirbelbettverfahrens ist sehr gut. Der Biofilm auf den Kunststoffteilchen und Schaumstoffwürfeln kann sehr effizient die abbaubaren, kolloidalen und partikulären Abwasserstoffe in den vorgeschalteten gerührten Beckenteilen adsorbieren. Diese werden dann durch die von den Mikroorganismen ausgeschiedenen Exoenzyme hydrolysiert und die gelösten Produkte mit Hilfe von Nitrat abgebaut. Die benötigten Beckenvolumina für die Denit-

rifikation sind daher deutlich geringer als beim Belebungsverfahren, wo die partikulären Stoffe zu einem grossen Teil aerob abgebaut werden.

- Die gemessenen Nitrifikationsleistungen waren für die untersuchten Trägermaterialien stark von der Sauerstoffkonzentration im Wasser abhängig. Verglichen mit dem konventionellen Belebtschlammssystem müssen für effiziente Umsatzraten massiv höhere Sauerstoffkonzentrationen im Bereich von 5–7 g O₂/m³ eingehalten werden, was wesentlich mehr Belüftungskapazität und -energie benötigt. Um Belüftungsenergie einzusparen wird ein deutlich grösserer Regelungsaufwand benötigt, da man die hohen Sauerstoffkonzentrationen nur während den Spitzenbelastungen aufrecht erhalten möchte. Aufgrund der vorliegenden Versuchsergebnisse sind die benötigten aeroben Beckenvolumina nur wenig geringer als beim Belebungsverfahren.
- Betrieblich stellt die optimale Durchmischung und Durchströmung der hohlen Träger und die verstopfungsfreie Anströmung der Siebe, die die Träger in den Beckenkompartimenten zurückhalten, die grösste Herausforderung dar. Die angestrebte gleichmässige Verteilung der Träger in einem Kompartiment steht im Gegensatz zur Wasserströmung in Fliessrichtung des Abwassers, die die Teilchen mit-schwemmt. Quadratische Beckenkompartimente mit breiten Siebflächen eignen sich daher besser als längliche Beckenformen.
- Den grössten Einfluss auf den Energieverbrauch hatte auf der Testanlage die Art des Lufteintrages. Die für die Durchmischung günstigen grobblasigen Belüftungen führten zu sehr hohen Energieaufwendungen. Vergleichsmessungen auf anderen Anlagen haben allerdings ergeben, dass der benötigte Energieaufwand stark von den jeweiligen Gegebenheiten abhängig ist.

Das Projekt «Denitrifikation im Wirbelbett» ist ein Gemeinschaftsprojekt der Abteilung Ingenieurwissenschaften der EAWAG, des Abwasserverbandes Region Baden-Wettingen und des BUWAL. Ausserdem möchten wir an dieser Stelle dem Personal der ARA Laufäcker und dem Ingenieurbüro Holinger AG ganz herzlich für die Zusammenarbeit danken.

Massenbilanzen als Werkzeug zur Identifizierung systematischer Fehler in den Routinedaten kommunaler Kläranlagen

Michael Thomann, Willi Gujer

Routinemässig erhobene Kläranlagendaten sind die Grundlage für die Funktionskontrolle, Optimierung und

zukünftige Anpassung kommunaler Kläranlagen an neue Verfahren. Nicht identifizierte systematische Fehler machen langjährige Datenreihen als Projektierungsgrundlage wertlos und können beim Entwurf neuer Anlagen zu kostspieligen Fehlentscheidungen führen. Es wurde ein Konzept zur Identifizierung systematischer Fehler entwickelt. Dabei hat sich gezeigt, dass mit überbestimmten Phosphor- und Eisenbilanzen, bei denen sämtliche Input- und Output-Stoffströme gemessen wurden, die Durchflüsse einer Kläranlage zuverlässig kontrolliert werden können.

Auf dem Gebiet der Abwasserreinigung haben sich die Aufgaben der Ingenieurinnen und Ingenieure in den letzten Jahren geändert. Optimierungs- und Sanierungsstudien bestehender Anlagen gewinnen zunehmend an Bedeutung gegenüber Neubauprojekten. Die Qualität der langjährigen Routinedatensätze aus der Anlagenüberwachung und insbesondere nicht entdeckte systematische Fehler sind ein entscheidendes Kriterium für die Zuverlässigkeit und die Kosten neuer Verfahrensführungen. Die Erhebung der Routinedaten beschränkt sich bisher vor allem auf die Messung von Stoffkonzentrationen im Zu- und Ablauf der biologischen Stufe. Da für eine Betriebsanalyse neben den zu- und abfliessenden Stoffkonzentrationen auch die Stofffrachten relevant sind, müssen die Durchflussmessungen ebenfalls über-

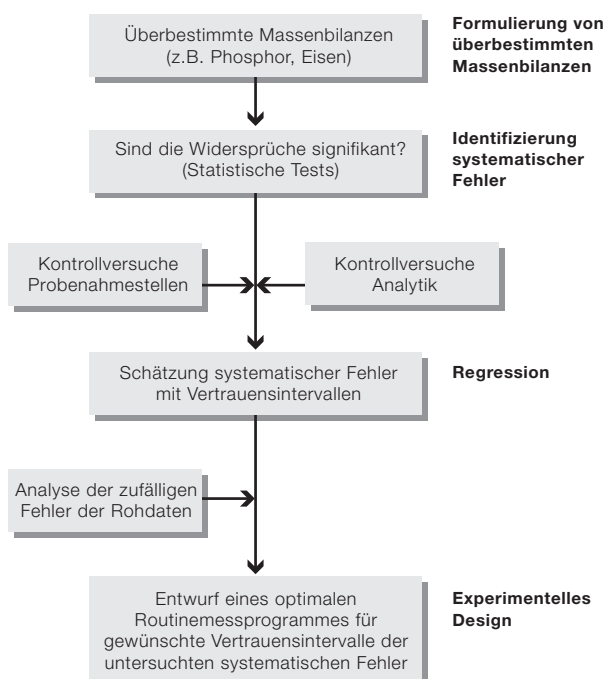


Abbildung 1: Konzept zur Identifizierung systematischer Messfehler in Routinedatensätzen kommunaler Kläranlagen. Mit überbestimmten Massenbilanzen erzeugte Widersprüche sind die Grundlage für Identifizierung (Tests) und Schätzung systematischer Fehler (Regression).

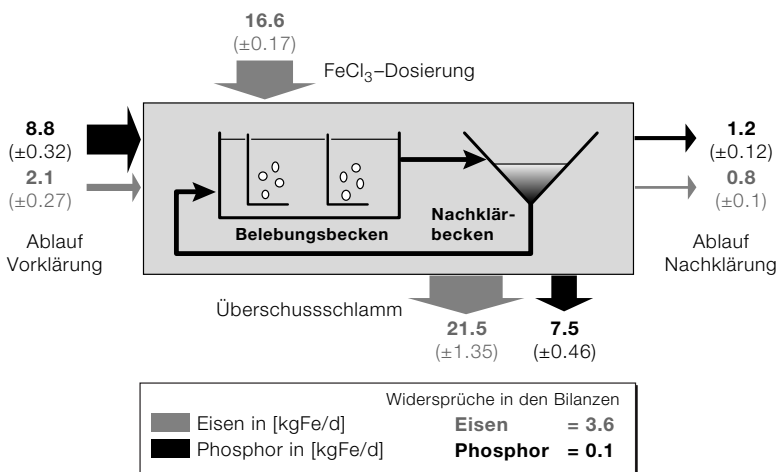


Abbildung 2: Phosphor- und Eisenstoffflüsse in einer biologischen Stufe einer kommunalen Kläranlage (Mittelwerte und deren Standardabweichung aus einer Messperiode von 35 Tagen). Der Phosphorinput kommt aus dem Ablauf der Vorklä rung. Aufgrund der Simultanfällung ist der grösste Teil des Eiseninputs zudosiertes Eisenchlorid; die mit dem Abwasser eingetragene Eisenfracht ist wesentlich kleiner.

prüft werden. Dies geschieht jedoch oft erst nach Jahren, wenn der Gesamtdatensatz im Hinblick auf eine anstehende Sanierung als Projektgrundlage genutzt werden soll.

Es wurde ein auf überbestimmten Massenbilanzen und statistischen Methoden basierendes Kontrollkonzept entwickelt. Dieses erlaubt, Datensätze von kommunalen Kläranlagen mit möglichst wenig zusätzlichem Messaufwand auf systematische Fehler hin zu analysieren (Abbildung 1).

Eine Bilanzierung von Stoffen oder Summenparametern, für die die Massenerhaltung gilt (z.B. Phosphor, Stickstoff, Eisen und Chemischer Sauerstoffbedarf CSB), hat bei der Formulierung von überbestimmten Bilanzen den Vorteil, dass keine Umwandlungsprozesse beschrieben werden müssen. Um die Anzahl unbekannter Parameter bei der Schätzung einzelner systematischer Fehler einzugrenzen, müssen auch die Analytik und Probenahme mit zusätzlichen Kontrollversuchen überprüft werden.

In einem ersten Schritt wurden über das Teilsystem «Belebungsbecken und Nachklärung» Phosphor und Eisen bilanziert (Abbildung 2), um systematische Fehler in den Durchflussmessungen zu identifizieren.

Es hat sich gezeigt, dass durch die unterschiedliche Verteilung dieser beiden Stoffe im betrachteten System die systematischen Fehler der Zulaufwassermenge und der abgezogenen Überschussschlammmenge unkorreliert geschätzt werden können. Die Bestimmung von repräsentativen Stoffkonzentrationen im abgezogenen Überschussschlamm stellt ein zentrales Problem dar. Mit Hilfe einer Modellierung der Schlammverschiebung zwischen Belebungs- und Nachklärbecken kann diese Problemgrösse überprüft oder bei fehlenden Messwerten bestimmt werden.

Die Erkenntnisse sollen für den Entwurf eines zukünftigen optimalen Routinemessprogramms genutzt werden.

In einem nächsten Schritt soll das Konzept für Stickstoff und CSB erweitert werden. Dabei stellt sich das Problem, dass die denitrifizierte Stickstofffracht auf Kläranlagen nicht analytisch bestimmt werden kann. Die zusätzliche Berücksichtigung von Denitrifikationsmodellen aus der Literatur könnte hier eine Lösung bieten.

Fäkalschlammvererdung in bepflanzten Bodenfiltern

Udo Heiness, Thammarat Kootatep (Bangkok),
Martin Strauss

Die Behandlung von Schlämmen aus Klärgruben ist in tropischen Städten noch weitgehend ungelöst. Erste viel versprechende Ergebnisse bei der Anwendung bepflanzter Bodenfilter für die Schlammvererdung ergaben sich im Rahmen eines gemeinsamen Feldforschungsprojektes zwischen der Abteilung SANDEC der EAWAG und dem Asian Institute of Technology (AIT) in Bangkok.

Man stelle sich eine tropische Stadt mit ungefähr 100 000 Einwohnern vor. Alle Haushalte sind mit Faulgruben ausgerüstet. Dies bedeutet, dass jeden Tag 100 m³ Fäkalschlamm von der Leerung dieser Gruben anfallen. Er hat einen Trockensubstanzgehalt (TS) von knapp 2% und sein chemischer Sauerstoffbedarf (CSB) ist rund 30-mal höher als der unseres häuslichen Abwassers. Der Schlamm ist hygienisch bedenklich, da er in der Regel eine beträchtliche Anzahl lebensfähiger Wurmeier enthält.

In Südostasien beispielsweise sind je nach Land 60–95% der städtischen Bevölkerung an solche Entsorgungs-

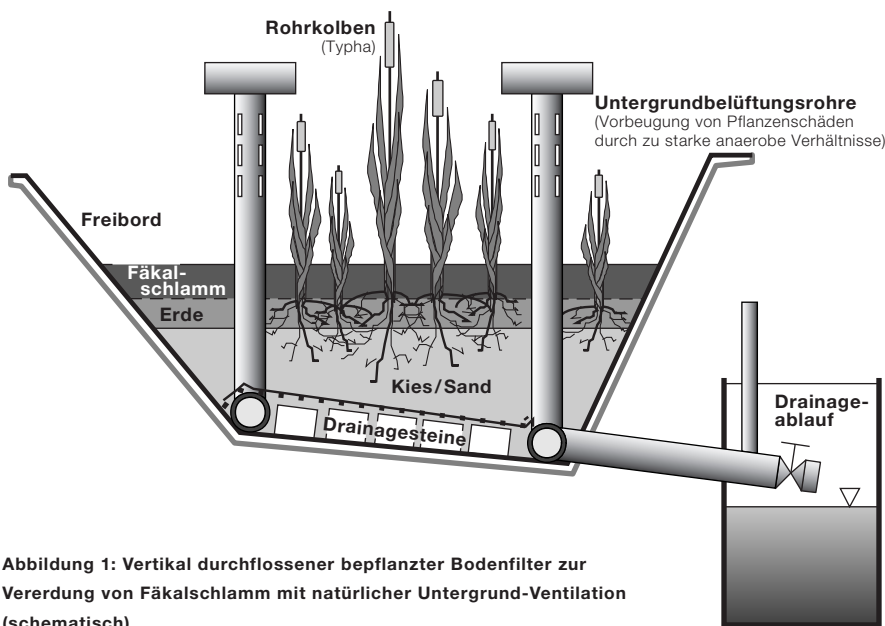


Abbildung 1: Vertikal durchflossener beplanzt Bodenfilter zur Vererdung von Fäkalschlamm mit natürlicher Untergrund-Ventilation (schematisch).

systeme angeschlossen. Vor diesem Hintergrund begann 1996 das Feldforschungsprojekt mit dem AIT über das Potential der Schlammvererdung in beplanten Trockenbeeten (s. EAWAG-Jahresbericht 1996, S. 31). Es wurden drei Pilot-Beete mit je 25 m² Fläche errichtet und mit einer thailändischen Rohrkolbenart beplant (Abbildung 1). Der Pflanzenbewuchs führt zu einer kontinuierlichen Volumenreduktion des aufgebracht Schlammes. Nach zweijährigem Betrieb dieser Anlage liegen nun Zwischenresultate vor.

Für Fäkalschlamm aus Bangkok wurden optimale Beladungsraten von 250 kg Trockensubstanz pro m² und Jahr ermittelt. Für eine Stadt von 100 000 Einwohnern würde eine beplant Bruttotrockenbeetfläche von 3000 m² benötigt (etwa ein halbes Fussballfeld, entweder als zentrale Anlage oder verteilt auf mehrere kleinere Einheiten). Der entscheidende Vorteil gegenüber konventionellen Schlamm-trockenbeeten ist, dass der Schlamm nicht im Abstand von nur wenigen Wochen vom Beet entfernt werden muss, da das Wurzelwachstum die Durchlässigkeit des Bodenfilters und des akkumulierten Schlammes erhält. Das Volumen des Schlammes verringert sich durch die Entwässerung und Mineralisationsprozesse im Beet beträchtlich. In unseren Untersuchungen betrug das Volumen des auf weniger als 70% Wassergehalt entwässerten und teilweise vererdeten Schlammes nur noch wenige Prozent des aufgebracht Volumens. Falls die bisherigen Ergebnisse durch Langzeiterfahrungen bestätigt werden, ist bei einem ursprünglichen Becken-Freibord von 1.50 m eine Betriebsdauer von sechs Jahren ohne Schlammräumung möglich (so lange dauert es, bis das Becken ganz aufgefüllt ist). Aufgrund dieser Erkenntnisse ist es nun möglich, Be-

handlungsanlagen im technischen Massstab zu dimensionieren.

Rund 30% des abgetrennten Wassers verdunsten über die Blätter der Pflanzen, die restlichen 70% fallen als Drainagewasser an. Der grösste Teil der Schmutzstoffe wird im Bodenfilter zurückgehalten (80% der TS und 95% des CSB); Wurmeier dagegen werden vollkommen im Beet herausfiltriert. Je nach Verwendungszweck des Wassers muss der Ablauf der Beete weiterbehandelt werden. Das Ablaufwasser kann für die landwirtschaftliche Bewässerung verwendet werden, sofern man bestimmte Einschränkungen beachtet; es sollte beispielsweise weder für Salat noch für Frischgemüse eingesetzt werden.

Weitere Aspekte für die praktische Anwendung des Verfahrens wie zum Beispiel Stickstoff- und Schwer-



Abbildung 2: Schlammbeschickung der mit gesunden Pflanzen bewachsenen Pilotanlage. (Foto: Thammarat Kootatep, Bangkok)

metallbilanzierungen im Schlammbeet wurden untersucht. Durch einen optimalen Beschickungsrhythmus der Schlammbeete wird die Vitalität der Bepflanzung sichergestellt (Abbildung 2).

In einer nächsten Phase des AIT/SANDEC-Projektes sind ein Seminar am AIT zur Verbreitung des gewonnenen Wissens sowie der Bau erster Demonstrationsanlagen geplant.

Regendaten für die Siedlungshydrologie: Regensimulator RAINDIS

Stefan Burckhardt-Gammeter, Rolf Fankhauser, Willi Gujer, Vladimir Krejci

Der Regensimulator RAINDIS erlaubt es, Regendaten mit hoher zeitlicher Auflösung (1 Minute) aus vorhandenen 10-Minuten-Regendaten, wie sie z.B. vom automatischen Messnetz der SMA MeteoSchweiz erfasst werden, zu erzeugen. Damit wird Ingenieuren ein Programm zur Verfügung gestellt, welches bestehende Grundlegendaten für die Abflusssimulationsrechnungen z.B. im Rahmen von Kanalsanierungen aufbereitet und verfeinert, so dass umweltschonende und kostengünstige Lösungen erarbeitet werden können.

Im Rahmen des Projektes «Regendaten für die Siedlungshydrologie» wurde in den letzten anderthalb Jahren der Regensimulator RAINDIS entwickelt. Er erlaubt es, die für die Abflusssimulation in Kanalsystemen häufig benötigten Regendaten mit hoher zeitlicher Auflösung (1 Minute) aus vorhandenen 10-Minuten-Daten, wie sie zum Beispiel vom automatischen Messnetz (ANETZ) der SMA MeteoSchweiz erfasst werden, zu erzeugen. Dabei handelt es sich um eine konstruierte Reihe mit einer für 1-Minuten-Werte typischen Varianz, bei der die Regenhöhe pro 10-Minuten-Intervall beibehalten wird. Bei der Entwicklung von RAINDIS wurde darauf geachtet, möglichst einfache Beziehungen zwischen den 1-Minuten- und 10-Minuten-Daten zu ermitteln und zu verwenden. Es war nicht das Ziel, die gesamten Vorgänge eines Regenereignisses im Detail zu modellieren, sondern eine für die Praxis einfach anwendbare Lösung zu finden, die die vorhandenen Regendaten verwendet und mit einer für die Anwendung in der Siedlungsentwässerung genügenden Genauigkeit aufbereitet.

Die Abbildung zeigt das Grundmodell von RAINDIS. Es basiert auf einer detaillierten statistischen Analyse und Modellierung von verschiedenen Regenmessungen mit hochaufgelösten Daten. Für die vorhandenen 10-Minuten-Daten wird vorerst ein Trend bestimmt

und anschliessend werden mit Hilfe des statistischen Modelles und einem Zufallsgenerator die Abweichungen der 1-Minuten-Werte vom 10-Minuten-Wert generiert. Die so ermittelten Abweichungen werden zur Trendlinie addiert; dabei bleibt der 10-Minuten-Wert erhalten. Die ausführliche Dokumentation findet sich in [1].

Zur Überprüfung der Modellanforderungen wurden Kontinuumssimulationen mit verschiedenen Regenserien (Heiden, Luzern, Belp, Genf) mit dem Programm MOUSE-SAMBA durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass mit der

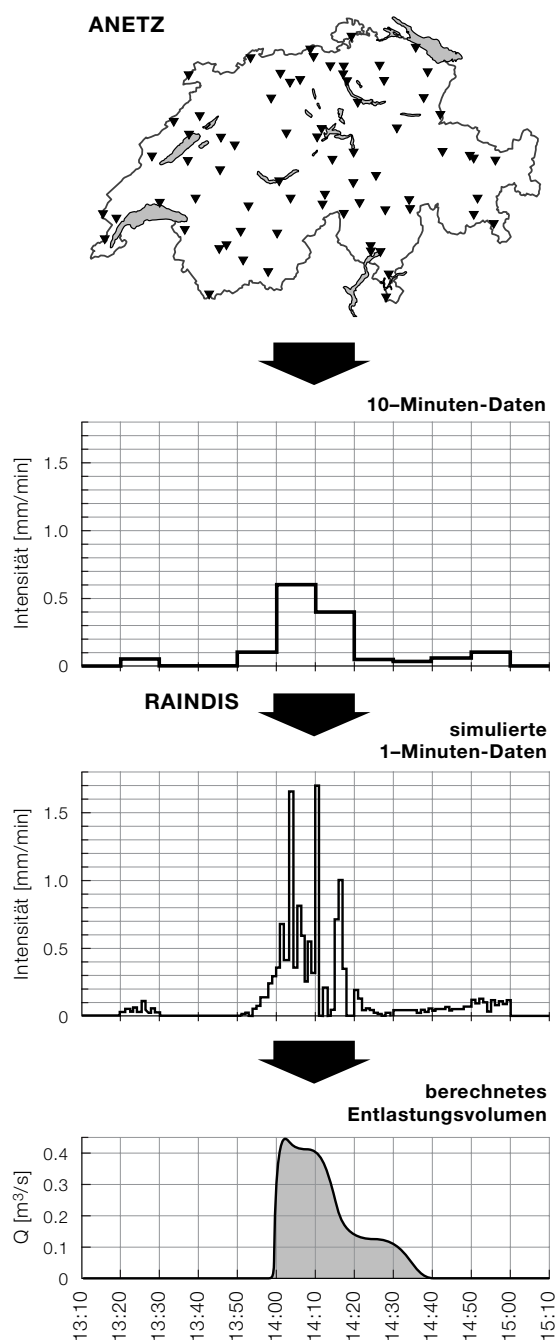


Abbildung: Datenfluss bei der Aufbereitung von Regendaten mit RAINDIS.

Erzeugung von 1-Minuten-Daten aus 10-Minuten-Daten mit Hilfe von RAINDIS die zeitliche Auflösung verbessert wird und damit bessere Simulationsergebnisse erzielt werden. Interessiert man sich für diejenigen Ereignisse, die gerade noch entlasten, so ist die Anwendung der simulierten 1-Minuten-Daten zu empfehlen, insbesondere für Aussagen zum Entlastungsvolumen. Spezielle Bedeutung hat die verbesserte zeitliche Auflösung bei kleinen Teileinzugsgebieten mit kurzen Anlaufzeiten.

Der Regensimulator RAINDIS wird an interessierte Anwender verkauft. Bestellformulare sind zu beziehen bei: Abteilung für Ingenieurwissenschaften, EAWAG, Überlandstr. 133, CH-8600 Dübendorf, Tel. 01-823 50 45, Fax 01-823 53 89. E-Mail: bpfister@eawag.ch

Literatur:

[1] Burckhardt-Gammeter, S., Fankhauser, R., Gujer, W.: Regendaten für die Siedlungshydrologie. Entwicklung eines Regensimulators für die Extrapolation von 1-Minuten-Daten für die Anwendung in der Siedlungshydrologie. Schriftenreihe EAWAG Nr. 14, Dübendorf-Zürich 1998, III + 52 S. ISBN 3-906484-20-3.

Datenerfassung und -verwaltung in der Siedlungsentwässerung – automatische Bestimmung von befestigten Oberflächen aus digitalen Orthophotos

Rolf Fankhauser

In vielen praktischen Anwendungen der Siedlungsentwässerung muss der Befestigungsgrad von Einzugsgebieten bestimmt werden. Traditionelle Methoden wie manuelle Digitalisierung ab Plan oder Luftbild bzw. Aufnahme durch Begehung sind aufwendig. Eine an der EAWAG entwickelte Methode ermöglicht eine automatische Bestimmung des Befestigungsgrades mit geringem manuellem Aufwand, die vor allem für grosse Einzugsgebiete effizient und kostengünstig ist.

In der Siedlungswasserwirtschaft wird heutzutage in vielen Anwendungen die Kenntnis der Oberflächenbedeckung in einem Siedlungsgebiet benötigt, z.B. bei der Verwendung von siedlungshydrologischen Niederschlags-Abfluss-Modellen, beim Zustandsbericht «Einzugsgebiet» des Generellen Entwässerungsplans, bei der Erstellung von Versickerungskarten oder bei der Planung und Dimensionierung von wasser- und abwassertechnischen Anlagen wie Kläranlagen, Kanalnetze, Regenbecken und Hochwasserschutzräumen. Je nach Anwendung muss die Information in Form eines Befestigungsgrades pro Teileinzugsgebiet oder detaillierter als Anteile verschiedener Oberflächentypen wie Steildächer, Kiesklebedächer, Asphalt, teil- und ganz durchlässige Flächen vorliegen.

Die kostengünstige Bereitstellung dieser Oberflächen-daten in einer für die Anwendungen ausreichenden Genauigkeit ist von grossem Interesse für die Praxis.

Bis jetzt wurden die Daten von Hand aus Plänen und Luftbildern digitalisiert oder durch Begehungen aufgenommen. Diese Verfahren sind zeitaufwendig und teuer, besonders für grössere Einzugsgebiete.

Im Folgenden wird eine an der EAWAG entwickelte Methode beschrieben, die in effizienter Weise die befestigte Fläche in einem Siedlungsgebiet erfassen kann. Die vorliegende Methode kann mit Standardprozeduren eines rasterorientierten geographischen Informationssystem (GIS) durchgeführt werden. Sie arbeitet mit geringem manuellem Aufwand und ist deshalb für grosse Einzugsgebiete interessant, bei denen die konventionellen Methoden zu aufwendig sind. Als Datengrundlage werden digitale farbige Orthophotos (entzerrte Luftbilder) verwendet. Sie sollten eine Bodenauflösung von ca. 1 m aufweisen. Die Bestimmung des Befestigungsgrades erfolgt aufgrund der Farbinformation der einzelnen Bildpunkte (Pixel) des digitalen Orthophotos. Jeder Bildpunkt wird mit Hilfe eines Klassifikationsalgorithmus einem bestimmten Oberflächentyp zugeordnet. Aus dem Luftbild wird so ein Bild mit verschiedenen Oberflächentypen generiert. Durch Zusammenfassung aller befestigten und unbefestigten Oberflächentypen entsteht ein Bild, das nur noch zwischen unbefestigten und befestigten Oberflächen unterscheidet. Diesem Bild können die für die Anwendung interessierenden Teileinzugsgebiete überlagert werden. Mit Hilfe des GIS werden für jedes Teileinzugsgebiet der Befestigungsgrad bzw. die Anteile der verschiedenen Oberflächentypen bestimmt (s. Abbildung).

Die Methode wurde an mehreren Einzugsgebieten unterschiedlicher Grösse und Oberflächenzusammensetzung getestet. Der Vergleich mit der Handdigitalisierung der befestigten Flächen zeigt Abweichungen von weniger als 10%, bezogen auf den Befestigungsgrad (s. Tabelle).

Region	Fläche [ha]	Befestigungsgrad [%] Handdigitalisierung	Befestigungsgrad [%] autom. Auswertung
Altlandenberg	11	39	49
Bauma, Dorfkern	8	62	57/64*
Baar	125	50	53/46/49

* je nachdem, ob die Schattenflächen als befestigt (64%) oder unbefestigt (57%) betrachtet werden.

Tabelle: Vergleich der automatisch bestimmten Befestigungsgrade mit der Handdigitalisierung. Weitere Erklärungen im Text.

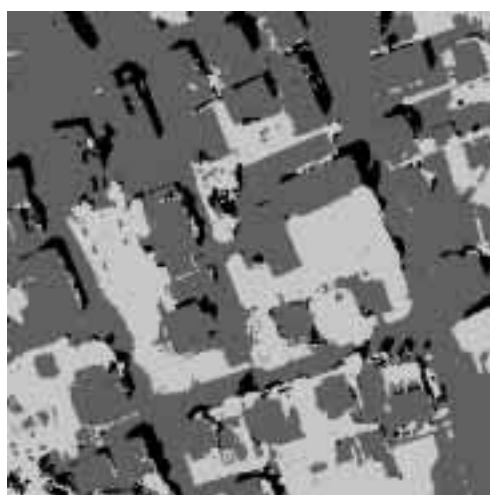


Abbildung: Ursprüngliches Luftbild und Oberflächen- auswertung.

hellgrau: unbefestigt
dunkelgrau: befestigt
schwarz: Schatten

(Luftbild: Militärischer Flug- dienst, Dübendorf)

Für das Einzugsgebiet Baar standen ein Farb- und ein Infrarotluftbild zur Verfügung. Beim Farbbild wurde die befestigte Fläche mit 53% gegenüber der Handdigitalisierung etwas überschätzt. Beim Infrarotbild ergab sich mit 46% eine geringe Unterschätzung. Die Kombination der beiden Bilder lieferte mit 49% eine sehr gute Übereinstimmung mit der Handdigitalisierung. Die Tabelle zeigt die Werte für die gesamten Einzugsgebiete. Für die Teileinzugsgebiete sind die Abweichungen zur Handdigitalisierung teilweise beträchtlich höher. Probleme ergeben sich bei Schatten, Bäumen auf Asphaltflächen und Kiesflächen, die zum Teil falsch interpretiert werden.

Datenstruktur Siedlungsentwässerung – VSA-Richtlinie für das Datenmanagement in der Siedlungsentwässerung

Daniel Bernasconi, Rolf Fankhauser

Zusammen mit dem Verband Schweizerischer Abwasserfachleute (VSA) wurden an der EAWAG die Strukturen für ein Datenmanagement in der Entwässerungsplanung definiert. Die Resultate wurden mit Mitteln der Informatik umgesetzt und stehen heute der Praxis zur Verfügung.

Die Forderung nach einer ganzheitlichen Sichtweise des Wasserkreislaufes im Bereich der Siedlungen sowie nach einem dauerhaften Konzept für Unterhalt und Finanzierung der Entwässerungsanlagen hat dazu geführt, dass immer mehr Informationen zum System Siedlungsentwässerung benötigt werden. Dieses Informationsbedürfnis spiegelt sich in einer stark gestiegenen Zahl von gesammelten Daten wider. Aber nicht nur die Menge der Daten, sondern auch die Zahl der Personen, welche ein potentielles Interesse an diesen Daten haben,

ist gestiegen. Die Erhebung und Bearbeitung von Daten zur Charakterisierung des Einzugsgebietes, des bestehenden Entwässerungssystems, des Vorfluters sowie Angaben über den Regen, das Fremdwasser, den Kanalunterhalt usw. verursachen in der Regel schon heute den grössten Anteil der Kosten für die Erstellung eines Generellen Entwässerungsplans (GEP). Damit kommen Daten in verstärkter Masse die Rolle einer eigentlichen Ressource zu, welche zur Lösung der anstehenden Probleme ebenso wichtig ist, wie finanzielle, menschliche und physische Ressourcen.

Eine moderne Entwässerungsplanung ist auf effiziente Mittel zur Verwaltung der Ressource Daten angewiesen. Damit lassen sich nicht nur Datenverarbeitungs- und -speicherungskapazität einer Gruppe erhöhen, sondern es werden insbesondere auch «radikal» geänderte Formen der Informationsverarbeitung und des Informationsaustausches ermöglicht. In einer Arbeit an der Abteilung für Ingenieurwissenschaften wurden in enger Zusammenarbeit mit der Praxis und dem Verband Schweizerischer Abwasserfachleute (VSA) die Konzepte und Methoden für den Aufbau einer Datenverwaltung in der Entwässerungsplanung entwickelt. Die Resultate der Arbeit wurden mit Hilfe von Datenbankmanagementsystemen umgesetzt. Unter dem Begriff Datenbankmanagementsystem versteht man im Wesentlichen ein Paket Software-Funktionen auf Datenbeständen (Suchen, Lesen, Schreiben), welche unterschiedlichen Anwendungsprogrammen zur Verfügung stehen. Daneben gibt es aber eine ganze Anzahl von nur intern aufrufbaren Funktionen, welche vor allem den Bereich der Datenintegrität unterstützen (automatische Eingabekontrolle, Rekonstruktionsprogramme, Zugriffskontrollen). Zusammen mit den Daten aus der Siedlungsentwässerung bilden die auf dem Datenbankmanagementsystem realisierten Strukturen und Funktionen die **Datenbank**

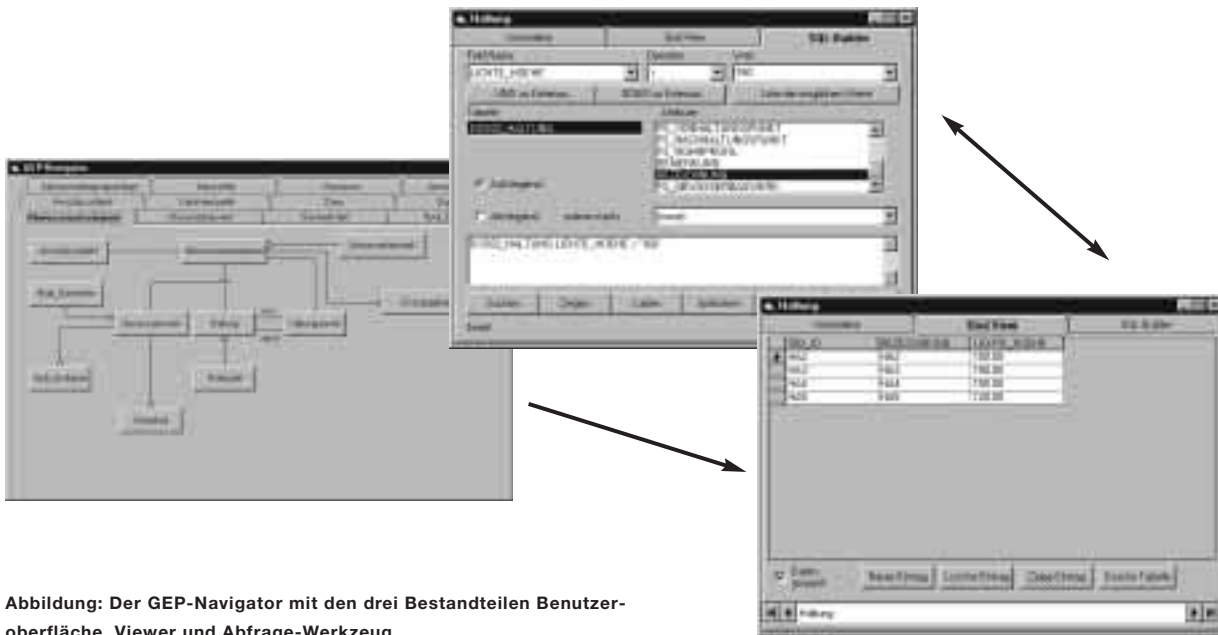


Abbildung: Der GEP-Navigator mit den drei Bestandteilen Benutzeroberfläche, Viewer und Abfrage-Werkzeug.

Siedlungsentwässerung (DABASE), eine selbständige, auf Dauer und für flexiblen und sicheren Gebrauch ausgelegte Datenorganisation.

Um den Einsatz des Datenbankmanagementsystems in der Praxis zu erleichtern, wurde eine Benutzeroberfläche (GEP-Navigator) entwickelt, die die Struktur der Datenbank graphisch darstellt und auf einfache Weise das Ändern, Anfügen und Löschen von Daten in der Datenbank ermöglicht. Der GEP-Navigator besteht aus den folgenden Teilen:

- Eine *grafische Benutzeroberfläche* zeigt die gesamte Datenstruktur. Jedes Subsystem der Siedlungsentwässerung ist auf einer Ebene angeordnet. Der Benutzer kann auf einfache Weise mit dem Cursor durch die Datenstruktur navigieren (deshalb der Name GEP-Navigator).
- Mit einem *Viewer* können die Daten tabellarisch dargestellt werden. Mit ihm können Daten geändert, gelöscht oder hinzugefügt werden.
- Ein *Abfrage-Werkzeug* ermöglicht das Suchen von Daten nach bestimmten Kriterien. Die gefundenen Daten werden im Viewer angezeigt. Die Abfragen können gespeichert und wieder geladen werden.

Der GEP-Navigator greift über eine standardisierte Datenbank-Schnittstelle (**O**pen **D**atabase **C**onnectivity, ODBC) auf die Datenbank zu. Damit funktioniert das Programm unabhängig davon, auf welchem Datenbanksystem (Access, Oracle, dBase etc.) die Datenbank

implementiert wurde, sofern das System ODBC unterstützt.

Die Datenstruktur wurde vom VSA als Grundlage für das Datenmanagement in der Siedlungsentwässerung übernommen und wird in der Praxis bereits angewandt.

Prozessverständnis in der thermischen Abfallbehandlung mit Hilfe der Charakterisierung von organischen Stoffen in den Verbrennungsrückständen

Stefan Rubli, Hasan Belevi

Für eine nachhaltige Ressourcenbewirtschaftung sollten Abfallverbrennungsanlagen entweder wieder verwertbare oder endlagerfähige Rückstände produzieren. Dies ist nur zu erreichen, wenn die während der Verbrennung ablaufenden physikalischen und chemischen Prozesse verstanden werden.

Der Mineralisierungsprozess organischer Stoffe bestimmt die Redoxbedingungen im Rostbett einer Müllverbrennungsanlage. Andererseits beeinflussen die Redoxbedingungen die Spezierung anorganischer Stoffe durch chemische Reaktionen. Dies kann wiederum den Transfer von Elementen in die Verbrennungsprodukte verändern [1].

Das Ziel des vorgestellten Projektes ist, die im Rostbett ablaufenden Mineralisierungsprozesse zu verstehen.

Dazu wird der totale organische Kohlenstoff TOC in den festen Rückständen durch chemisch-analytische Methoden charakterisiert. Die Kenntnisse aus der Charakterisierung des TOC werden mit der Verfahrenstechnik kombiniert. Dabei stehen folgende Fragen im Vordergrund:

- Welche Hinweise liefert die Charakterisierung des TOC über die Prozessbedingungen?
- Kann durch gezielte Steuerung der Prozessbedingung eine bessere Produktequalität erreicht werden? Dabei geht es sowohl um die vollständige Mineralisierung der organischen Bestandteile (>99.9%) als auch um die Beeinflussung der Redoxbedingungen im Rostbett.

Mit Hilfe einer für diese Fragestellung konzipierten Pyrolyse-Verbrennungsapparatur lässt sich der TOC in die Fraktionen organischer Kohlenstoff (OC) und elementarer Kohlenstoff (EC) aufteilen [2]. Der elementare Kohlenstoff ist Teil des aus der unvollständigen Verbrennung entstandenen Russes. Der OC setzt sich aus unverbranntem organischem Material und neu gebildeten organischen Verbrennungsprodukten zusammen.

In einer Klärschlammverbrennungsanlage mit Drehrohr-ofen wurde der Einfluss der Verweilzeit und Temperatur auf den TOC in der Klärschlammmasche untersucht. Die Beprobung der Asche fand während des Zurückfahrens der Anlage, daher bei abnehmendem Klärschlamminput, statt. Damit konnte der Einfluss von längeren Verweilzeiten im Ofen auf die OC- und EC-Gehalte in den Aschen untersucht werden. Für die Abschätzung des Temperatureinflusses wurde die zugeführte Energie im Ofen variiert.

Die Abbildung zeigt die Konzentrationen von OC und EC als Funktion des Klärschlamminputs (Verweilzeit) und

Energieinputs (Temperatur). Sowohl die OC- wie auch die EC-Gehalte nehmen bei reduziertem Klärschlamminput und zunehmender Energiezufuhr stark ab. Mit abnehmendem Energieinput steigen sie wieder. Das EC/OC-Verhältnis steigt jedoch mit sinkenden Klärschlamm- und Energieinputs. So scheinen für die OC-Zersetzung hauptsächlich genügend hohe Temperaturen notwendig zu sein, während für eine effiziente EC-Zersetzung zusätzlich genügend lange Verweilzeiten anzustreben sind.

Zurzeit finden weitere Feldversuche in Müllverbrennungsanlagen statt. Erste Auswertungen haben gezeigt, dass mit dieser Methode Aussagen über die Prozessbedingungen auf dem Rost gemacht werden können. Eine gezielte Steuerung der Prozessbedingungen und die damit verbundene Beeinflussung der Redoxbedingungen im Rostbett scheint möglich zu sein.

Literatur

- [1] *Belevi, H.*: Environmental engineering of municipal solid waste incineration. Habilitationsschrift ETHZ, vdf Hochschulverlag, Zürich 1998.
- [2] *Ferrari, S.*: Charakterisierung des Kohlenstoffes in Rückständen von Müllverbrennungsanlagen: Methoden und Anwendungen. Dissertation ETHZ No.12 200, Zürich 1997.

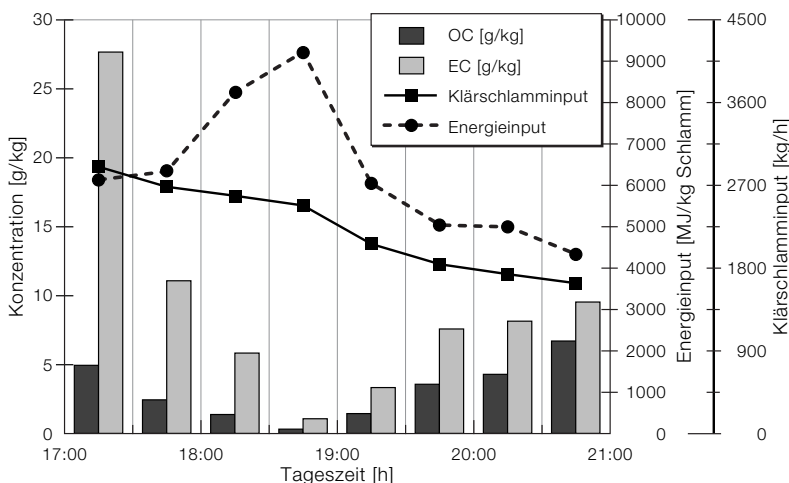


Abbildung: Auswirkung von veränderten Verfahrensbedingungen auf die Konzentrationen von organischem (OC) und elementarem Kohlenstoff (EC).



(Foto: Susi Lindig, Zürich)

Verhalten von Stoffen in der Umwelt

Chrom, ein Element mit vielen Gesichtern

Stephan Hug, Ignaz Bürge

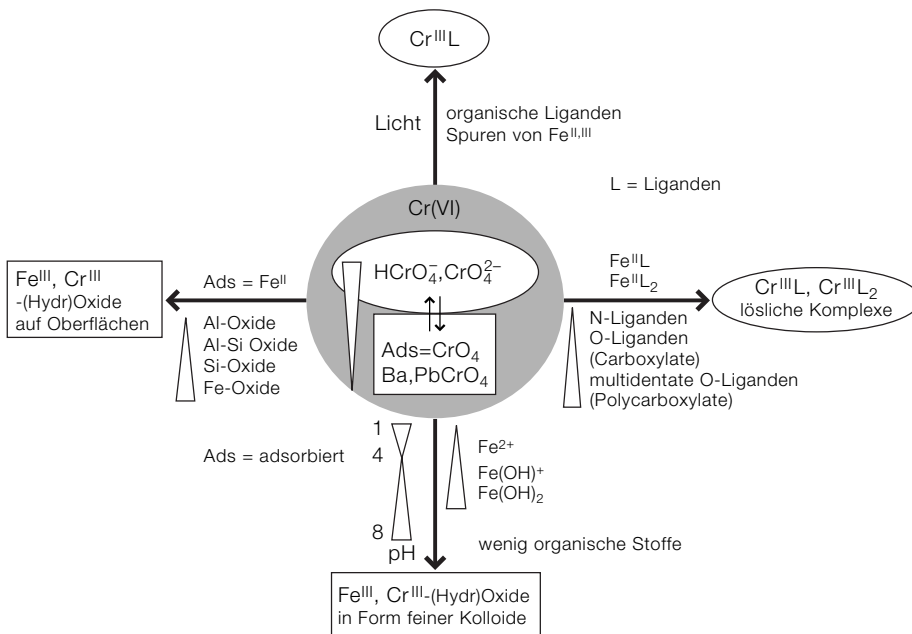
Bedingt durch den weltweiten grossindustriellen Einsatz gelangt Chrom sowohl aus diffusen Quellen wie auch oft durch unsachgemässen Umgang in grösseren Mengen in Luft, Gewässer und Böden. Altlasten, die das giftige Cr(VI) enthalten, stellen eine starke Gefährdung von Wasserressourcen dar. Im Rahmen einer Dissertation wurde die Reduktion zum viel weniger giftigen Cr(III) mittels zweiwertigem Eisen genauer untersucht.

Der Name Chrom, griechisch chroma = Farbe, reflektiert die Farbigkeit von Chromverbindungen, die je nach Oxidationszustand und Koordination das ganze Farbspektrum abdecken. Die chemische Vielfalt erklärt die weite Verwendung in den verschiedensten Industriezweigen, aber auch die stark unterschiedlichen Toxizitäten und das komplexe Umweltverhalten. Zahlreiche

Altlasten und diffuse Quellen von Chrom machen dieses Element zu einer der wichtigsten Umweltchemikalien.

Wenig problematisch ist das natürlich nicht vorkommende metallische Chrom. Die häufigste Form in der Natur ist Cr(III), so z.B. im Chromerz Chromit (FeCr_2O_4), das 1994 weltweit in einer Menge von über 10 Millionen Tonnen gefördert wurde. Cr(III) ist wenig toxisch und gar ein lebenswichtiges Spurenelement für den Zuckermetabolismus. Aufgrund seiner Schwerlöslichkeit ist Cr(III) im Allgemeinen in der Umwelt wenig mobil. Demgegenüber ist Cr(VI) als Chromat (CrO_4^{2-}) gut wasserlöslich (Ausnahmen sind schwer lösliche Salze z.B. mit Barium oder Blei). Cr(VI) gelangt leicht in das Innere von Zellen, wo es wegen seiner oxidierenden Eigenschaften Zellkomponenten schädigt. Cr(VI) ist daher für alle höheren Tiere und Pflanzen toxisch und kann beim Menschen gar Krebs verursachen.

In der Umwelt und auch in technischen Prozessen kann Cr(III) zu Cr(VI) oxidiert oder umgekehrt reduziert werden. Daher müssen zur Beurteilung des Gefährdungspotentials die Anteile von Cr(III) und Cr(VI) sowie deren zeitliche Entwicklung abgeschätzt werden können. Eine Möglichkeit zur Sanierung von Chromaltlasten ist die



Reduktion zu möglichst unlöslichem Cr(III), etwa mit zweiwertigem Eisen. Allerdings kann Cr(III) in bestimmten Böden, vermutlich durch Manganoxide, wieder aufoxidiert werden. In der Atmosphäre und in Oberflächengewässern sind photochemische Oxidations- und Reduktionsprozesse möglich.

Während der letzten vier Jahre haben wir im Rahmen einer Dissertation die Reduktion von Cr(VI) mit Fe(II) untersucht. Dabei fanden wir, dass die Reaktionsraten sehr stark vom pH-Wert, von gelösten organischen Substanzen, von mineralischen Oberflächen und vom Licht abhängen. Zusammen mit den Arbeiten anderer Forschungsgruppen ergibt sich heute ein viel besseres Verständnis als noch vor ein paar Jahren. Die wichtigsten Faktoren sind in der Abbildung kurz zusammengefasst.

Breiter werdende Dreiecke zeigen eine schnellere Reaktion mit den daneben aufgeführten Verbindungen an. Spezies in Ovalen sind allgemein eher löslich und mobil, solche in Rechtecken eher unlöslich und wenig mobil. Diese Abbildung wurde mit Resultaten aus Laborexperimenten, die Umweltbedingungen simulieren, zusammengestellt. Sie gilt im ppm-Bereich bei pH-Werten von 2–8. Die Reaktionen laufen innert Sekunden bis mehreren Stunden ab und die Produkte sind mindestens einige Tage lang stabil. Die Reaktionswege sind in mehreren Publikationen ausführlich beschrieben. Wir untersuchen nun, wie sich die im Labor gefundenen Resultate auf Feldsysteme übertragen lassen und inwiefern diese Konzepte für die Sanierung von kontaminierten Böden oder für Voraussagen über die zeitliche Entwicklung von Cr(III) und Cr(VI) in verschiedenen Umweltkompartimen-

ten einsetzbar sind. Ähnliche Reaktionen sind auch für das Verständnis der Redoxchemie anderer Metalle wie Arsen (siehe dazu den Beitrag über Arsen in Bangladesh, S. 11), Selen, Antimon, Vanadium und von organischen Verbindungen wichtig.

Literatur:

- Buerge, I.J., Hug, S.J.: Influence of organic ligands on chromium(VI) reduction by iron(II). *Environ. Sci. & Technol.* 32, 2092–2099 (1998).
- Buerge, I.J., Hug, S.J.: Kinetics and pH dependence of chromium(VI) reduction by iron(II). *Environ. Sci. & Technol.* 31, 1426–1432 (1997).
- Hug, S.J., James, B.R., Laubscher, H.U.: Iron(III) catalyzed photochemical reduction of Cr(VI) by oxalate and citrate in aqueous solutions. *Environ. Sci. & Technol.* 31, 160–170 (1997).

Pestizideinsatz im Materialschutz – eine Gefahr für Grund- und Oberflächengewässer?

Thomas Bucheli, Andreas Voegelin, Andreas Gerecke, René Schwarzenbach, Stephan R. Müller

Der Einsatz von Pestiziden ist vielfältig: So werden in der Schweiz ca. 1800 Tonnen Pestizide in der Landwirtschaft, aber auch auf Strassen und Plätzen, Bahnanlagen usw. eingesetzt. Über ihren Einsatz im Materialschutz und die relative Wichtigkeit dieser Quelle für Gewässer ist jedoch wenig bekannt. Mecoprop wird beispielsweise in der Landwirtschaft und als «maskiertes» Molekül in Bitumenbahnen auf Flachdächern eingesetzt. Die Auswaschung dieses Herbizides aus solchen Dächern wurde mittels Feldstudien quantifiziert und mit dem landwirtschaftlichen Eintrag in die Gewässer verglichen.

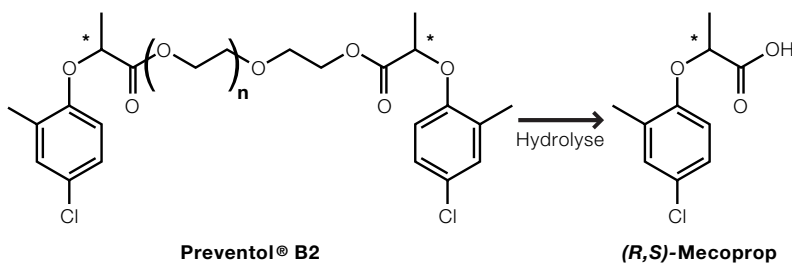


Abbildung 1: Das Wurzelschutzmittel Preventol B 2 und seine Hydrolyse zu Mecoprop (* = chirales C-Atom).

Eine EAWAG-Studie über das Vorkommen und Verhalten von Pestiziden bei der Meteorwasserversickerung [1] hat einen überraschenden Fund ergeben: Flachdächer, welche das Wurzelschutzmittel Preventol B 2 (s. Abbildung 1) enthalten, weisen bei Regen im Abfluss regelmäßig hohe Konzentrationen des Herbizides Mecoprop auf [2]. Preventol B 2 wird den Bitumenbahnen zu einem Gewichtsprozent zugegeben und verhindert das Durchdringen von Pflanzenwurzeln durch das wasserdichte Bitumen. In Gegenwart von Wasser und Mikroorganismen hydrolysiert Preventol B 2 auf Dächern und setzt Mecoprop frei (Abbildung 1).

Verschiedene Feldmessungen ergaben mittlere Mecoprop-Konzentrationen in Dachwässern von einigen Mikrogramm pro Liter und eine Auswaschrates von 0.1 Promille des eingesetzten Preventol B 2. Von den ca. 300 t Preventol B 2 auf Schweizer Dächern werden demnach ca. 30 kg Mecoprop pro Jahr ausgewaschen. In der Landwirtschaft gelangen ca. 30–300 kg (ca. 0.1 bis 1 Prozent) des eingesetzten Mecoprop (30 t pro Jahr) in Grund- bzw. Oberflächenwässer. Folglich sind die «wurzelfesten» Flachdächer ebenso wichtige Quellen von Mecoprop für Grund- und Oberflächengewässer wie die landwirtschaftliche Applikation.

Für eine genauere Bilanzierung wurden im Einzugsgebiet des Greifensees Kläranlageausläufe, Flüsse und Seewasser beprobt und auf Mecoprop analysiert. Die Proben wurden von Oktober bis Dezember 1997 genommen, also deutlich ausserhalb der landwirtschaftlichen Applikationsperiode dieses Herbizides. Die Auswertung ergab, dass ca. 50% des Mecoprop aus Kläranlagen in den Greifensee gelangte. Des weiteren wurden im Sommer 1998 die Mecoprop-Konzentrationen in Kläranlageausläufen der ARA Uster (Mischabwasser) und der ARA Mönchaltorf (Trennsystem, d.h. nur Haushaltswasser gelangt in die Kläranlage) bestimmt. Interessanterweise erhöhte sich die Mecoprop-Konzentration bei Regenereignissen im Kläranlageauslauf von Uster (Abbildung 2), während in Mönchaltorf kein Mecoprop gemessen wurde. Dies ist ein starkes Indiz, dass das Mecoprop im Abwasser von Flachdächern stammt, welche mit Preventol-B2-haltigem Bitumen abgedichtet sind.

Untersuchungen weiterer Pestizide in ARA-Ausläufen ergaben nennenswerte Einträge von Irgarol, einer Substanz, welche vor allem als Ersatz für die Tributylzinnverbindungen bei Bootsanstrichen bekannt ist. In die ARA gelangt sie jedoch wahrscheinlich, weil sie als Fungizid in Gebäudeanstrichen verwendet wird.

Zusammenfassend zeigt sich, dass Pestizide zum Teil in erheblichem Ausmass aus bis dato unerwarteten, nicht landwirtschaftlichen Quellen in die Umwelt gelangen und zum Beispiel bei der vorgeschlagenen Dachwasserversickerung auch das Grundwasser beeinträchtigen können. Zurzeit untersucht die EAWAG die wichtigsten Quellen und Transportwege von Pestiziden in Grund- und Oberflächengewässern.

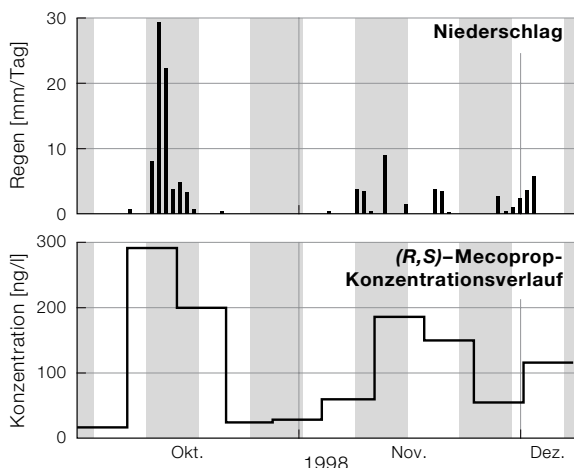


Abbildung 2: Regenperioden und Konzentrationen von Mecoprop im ARA-Auslauf von Uster (unten).

Literatur

- [1] Bucheli, T.D., Müller, S.R., Heberle, S., Schwarzenbach, R.P.: Occurrence and behavior of pesticides in rain water, roof runoff, and artificial storm water infiltration, *Environ. Sci. Technol.* 32, 3457–3464 (1998).
- [2] Bucheli, T.D., Müller, S.R., Voegelin, A., Schwarzenbach, R.P.: Bituminous roof sealing membranes as major source of the herbicide (R,S)-mecoprop in roof runoff waters: potential contamination of groundwater and surface waters, *Environ. Sci. Technol.* 32, 3465–3471 (1998).

Einfluss der Feuchtigkeit auf die Aktivität von Pestiziden im Boden

Kai-Uwe Goss

Die Mobilität und Wirksamkeit von Pestiziden in Böden hängt davon ab, wie stark die Pestizide an festen Bodenbestandteilen sorbieren. Die Feuchtigkeit des Bodens hat darauf einen entscheidenden Einfluss. Systematische Untersuchungen zur Sorption von organischen Schadstoffen an mineralischen Oberflächen in Abhängigkeit von der Feuchtigkeit liefern die Grundlage, um diese Prozesse zu verstehen und vorhersagbar zu machen.

Pestizide, die auf einen Boden ausgebracht werden, sorbieren dort zu einem gewissen Anteil an Huminstoffe und an mineralische Oberflächen (z.B. Ton, Sand). Da nur der nicht sorbierte Anteil der Pestizide wirksam werden kann, ist die Menge an Pestizid, die ausgebracht werden muss, um eine gewünschte Wirkung zu erzielen, umso grösser, je stärker die Sorption im Boden ist. Aber auch die unerwünschte Verlagerung der Pestizide in die Luft oder ins Grundwasser wird durch die Sorption verlangsamt. Es ist also in jedem Fall wünschenswert, das Ausmass der Sorption abschätzen zu können. Die Sorption von Pestiziden an Huminstoffe lässt sich relativ einfach mit bestehenden empirischen Methoden abschätzen.

Die Sorption aus der Luft an mineralischen Oberflächen ist deutlich komplexer, da sie nicht nur von der Art der Oberflächen und den Eigenschaften der Chemikalien abhängt, sondern auch von der Feuchtigkeit des Bodens. Systematische Untersuchungen dieser Sorption ergaben folgendes Bild: Das Ausmass der Sorption hängt von der spezifischen Oberfläche der Mineralien ab (Tone haben z.B. eine wesentlich grössere Oberfläche als Sand) und von der Stärke der Wechselwirkungen zwischen den Pestizid-Molekülen und den Oberflächen. Wassermoleküle in der Bodenluft haben allerdings ebenfalls die Tendenz, auf den mineralischen Oberflächen zu sorbieren. Schon bei einer relativen Feuchte von etwa 30% in der Bodenluft sind alle mineralischen Oberflächen mit einer monomolekularen Wasserschicht bedeckt. Dieser sorbierte Wasserfilm wächst bei einer relativen Luftfeuchte von 90% bis zu einer Dicke von etwa 5–10 molekularen Schichten an. Organische Moleküle, die unter diesen Bedingungen auf den mineralischen Oberflächen sorbieren wollen, können die Wassermoleküle allerdings nicht verdrängen, da ihre Wechselwirkungen mit der mineralischen Oberfläche schwächer sind als die Wasserstoffbrückenbindungen zwischen dem Wasser und den Mineralien. Die Konsequenz ist, dass diese Chemikalien nur auf der Oberfläche des sorbierten Wasserfilms sorbieren können. Messungen haben gezeigt,

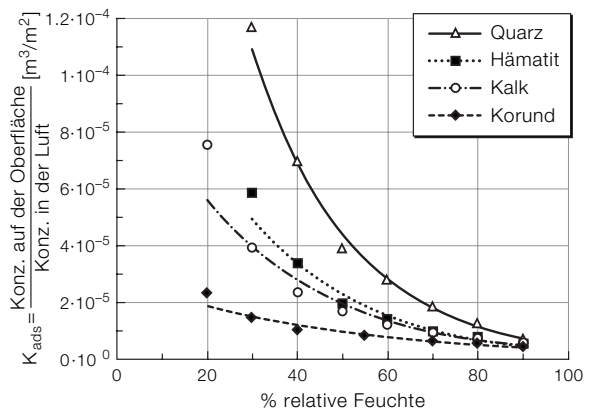


Abbildung: Sorption von 1,2-Dichlorbenzen an verschiedenen Mineralien.

dass diese Sorption von organischen Verbindungen auf Mineralien mit steigender relativer Feuchte zwischen 30 und 90% exponentiell abnimmt. Dies ist in der Abbildung beispielhaft für eine organische Verbindung gezeigt.

Bei etwa 90% relativer Feuchtigkeit erreicht die Sorption auf dem Wasserfilm einen konstanten Wert, welcher der Sorption der jeweiligen Verbindung an einer normalen Wasseroberfläche entspricht. Trotzdem kommt es allerdings zu einem weiteren starken Absinken der Sorption von organischen Schadstoffen im Boden, wenn die relative Feuchtigkeit auf über 90% steigt. Der Grund hierfür ist nicht mehr eine Abnahme der Wechselwirkungen zwischen den Schadstoffen und der Oberfläche, sondern eine Abnahme der verfügbaren Oberfläche selbst. Bei hoher Feuchtigkeit werden die sorbierten Wasserfilme nämlich so dick, dass ganze Poren wassergefüllt sind und die Oberflächen vollständig verschwinden. Diese beiden Effekte der Feuchtigkeit auf die Sorption erklären zum Beispiel, warum die Verdunstung von Pestiziden von Ackeroberflächen bei Regen sehr stark ansteigt und warum die Wirksamkeit von Pestiziden von der Bodenfeuchte abhängt (siehe Tabelle).

Insektizid	Benötigte Menge des Insektizids (ppm)	
	Ofentrockener Boden	~99% rel. Feuchte (Feldkapazität)
Heptachlor	0.53	0.068
DDT	17	1.74
Parathion	6.0	0.25
Diazinon	34	0.25

Tabelle: Vergleich der Menge eines Insektizids, die notwendig ist, um in einem trockenen bzw. feuchten sandigen Boden (0.5% organische Substanz) 50% einer bestimmten Insektenpopulation abzutöten (Harris, 1964).

Die an der EAWAG durchgeführten Arbeiten erlauben nicht nur ein qualitatives Verständnis der Sorption von Pestiziden an mineralischen Oberflächen, sondern auch die quantitative Vorhersage in Abhängigkeit von der Art der Chemikalie, des Minerals, der Feuchtigkeit und der Temperatur.

Literatur

Harris, C.R.: Influence of soil type and soil moisture on the toxicity of insecticides in soils to insects. *Nature* 202, 724 (1964).

Vorkommen des Antibiotikums Ciprofloxacin in Spitalabwässern und in kommunalen Abwässern

Alfredo C. Alder, Andreas Hartmann (ETHZ),
Eva Golet, Slavica Ibrić, Theo Koller (ETHZ),
Rosa M. Widmer (ETHZ)

Heute werden beträchtliche Mengen von Arzneimitteln hergestellt und in der Human- und Veterinärmedizin eingesetzt. Arzneimittel und deren Metabolite gelangen durch natürliche Ausscheidungen über Urin und Faeces sowie durch unsachgemässe Entsorgung in das Abwassersystem. Falls sie in der Abwasserreinigung nicht eliminiert werden, können sie in Oberflächengewässer gelangen. Arzneimittel, die in der Veterinärmedizin eingesetzt werden, können infolge von Güllebehandlung der Felder zusätzlich zu Boden- und Grundwasserbelastung führen.

In den vergangenen Jahren rückte die Problematik des Vorkommens von Arzneimittelrückständen in der aquatischen Umwelt immer mehr in den Blickpunkt des öffentlichen und wissenschaftlichen Interesses. Ziel unserer Studien ist es, einen Beitrag zu leisten zum besseren Verständnis des Auftretens und Verhaltens ausgewählter Antibiotika in der Abwasserbehandlung und in Oberflächengewässern. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde Ciprofloxacin, das wichtigste Fluorochinolon-Antibiotikum in der Humanmedizin, als Modellverbindung ausgewählt. Die biologische Wirkung der Fluorochinolone beruht auf der Schädigung der bakteriellen Erbsubstanz. In der Schweiz sind ca. 11 verschiedene Fluorochinolone registriert und 1997 wurden ca. 4 Tonnen verbraucht.

Die Verbrauchsmengen für Antibiotika in der Schweiz lagen 1997 laut der Treuhandstelle der Antibiotika-Importeure bei ca. 80 Tonnen, wobei der Einsatz in der Humanmedizin 35% (28 Tonnen) ausmachte. Davon wird ca. 1/5 in Spitälern eingesetzt. Die in der Veterinärmedizin (16 Tonnen, 20%) und als Futtermittelzusätze (36 Tonnen, 45%) eingesetzten Mengen übertreffen noch die Mengen der Humanmedizin.

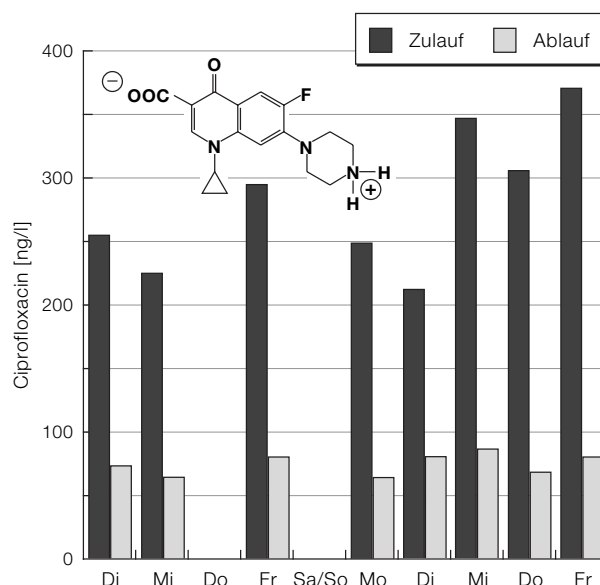


Abbildung: Variationen der Ciprofloxacin-Konzentrationen in Tagessammelproben der Zu- und Abläufe einer Kläranlage.

Um die typischen Eintragswege von Humanantibiotika zu verfolgen, wurde Ciprofloxacin in Spitalabwasser und in kommunalem Abwasser bestimmt. Ciprofloxacin wird zu ca. 70% unverändert aus dem Körper ausgeschieden. In den von uns untersuchten Spitalabwasserstichproben schwankten die Ciprofloxacin-Konzentrationen zwischen 5–90 µg/l [1]. Für die Bestimmung dieses Antibiotikums in kommunalem Abwasser, wo viel kleinere Konzentrationen zu erwarten sind, wurde eine spezifische Anreicherungsmethode eingesetzt. In kommunalen Kläranlagen wurden Tagessammelproben aus den Zu- und Abläufen über mehrere Tage entnommen. Die Konzentrationen im Zulauf schwankten zwischen 250–370 ng/l und im Ablauf zwischen 70–80 ng/l. Die Eliminationen lagen zwischen 55–75% (Abbildung).

Diese Untersuchungen zeigen deutlich, dass Ciprofloxacin nur zum Teil in der Kläranlage eliminiert wird und in die Oberflächengewässer gelangen kann. Um Aussagen über eine mögliche Umweltrelevanz dieser Konzentrationen zu machen, muss berücksichtigt werden, dass noch weitere Fluorochinolon-Antibiotika eingesetzt werden, die die Wirkung verstärken können. Ausserdem stellt sich die Frage, ob diese Umweltkonzentrationen zur Ausbreitung von Resistenzen in potentiell humanpathogenen Mikroorganismen beitragen könnten.

Literatur

[1] Hartmann, A., Alder, A.C., Koller, T., Widmer, R.M.: Identification of fluoroquinolone antibiotics as the main source of umuC genotoxicity in native hospital wastewater. *Environ. Toxicol. Chem.* 17, 377–382 (1998).

Remobilisierung von Arsen im Aquifer

Jürg Zobrist (EAWAG); Philip R. Dowdle, James A. Davis, Ron S. Oremland (US Geological Survey, Menlo Park, California, USA)

In Gebieten mit arsenhaltigen Erzlagerstätten, u.a. an vereinzelt in den Alpen und in deren unterhalb liegenden Flussablagerungen, treten oft hohe Konzentrationen von Arsen im Grund- und Quellwasser auf, welche die menschliche Gesundheit gefährden können. Arsen liegt in einem sauerstoffhaltigen Grundwasserleiter (Aquifer) als das im Wasser gut lösliche Arsenat vor. Dieses sorbiert jedoch effizient an Eisen-, Mangan- und Aluminium(hydr)oxide und wird somit bei Vorliegen und Bildung solcher Festphasen aus dem Wasser eliminiert (immobilisiert). Wie verhält sich nun das im Aquifer fixierte Arsenat, falls dieses als Folge des mikrobiellen Abbaus von zugeführten organischen Stoffen anoxisch wird?

In den vergangenen Jahren wurden ausgehend von natürlicherweise mit Arsen belasteten und anoxischen Sedimenten mehrere Bakterienstämme isoliert, welche beim Abbau von organischem Kohlenstoff das freie Arsenat zu Arsenit reduzieren, d.h. Arsenat statt Sauerstoff veratmen (Dissimilation). Diese Form des Arsens wird im Aquifer deutlich weniger an Festphasen gebunden als Arsenat und findet sich deshalb bevorzugt im Porenwasser. In Laborexperimenten wurde nun untersucht, ob Arsenat, das als Mitfällung an Eisen- oder Aluminium(hydr)oxide gebunden ist und als alleiniger Elektronenakzeptor vorliegt, unter anoxischen Bedingungen für das Bakterium *Sulfurospirillum barnesii*, Stamm SES-3, noch verfügbar ist, d.h. zu Arsenit reduziert

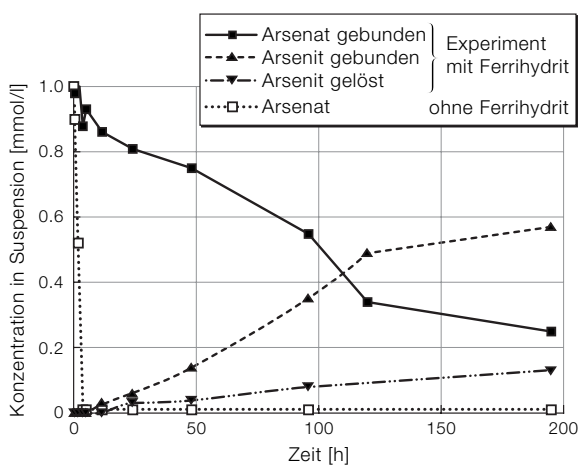


Abbildung: Entwicklung der Arsenkonzentrationen bei der mikrobiellen Reduktion von Arsenat, gefällt mit und ohne Ferrihydrit. Konzentrationen: Arsenat anfangs 1 mmol/l, Ferrihydrit 5 mmol/l, Bakterien 10^9 Zellen/ml, Elektronendonator Laktat 1 mmol/l, pH 7,3, Puffer HEPES 5 mmol/l, Kochsalz 8 mmol/l.

werden kann. Bei dieser starken Fixierung von Arsen an die Festphase konnte kein freies Arsenat mehr in Lösung nachgewiesen werden. Dennoch wurde das mit Ferrihydrit gefällte Arsenat durch die Bakterien innert weniger Tage fast vollständig reduziert, die Reaktion lief jedoch etwa 100-mal langsamer ab als bei der mikrobiellen Reduktion von freiem Arsenat in Lösung (Abbildung). Ein Teil des gebildeten Arsenits blieb in Lösung und lagerte sich nicht mehr an das im Überschuss vorliegende Ferrihydrit an. Gleichzeitig mit der Reduktion von Arsenat wurde ein kleiner Teil des Ferrihydrits ebenfalls durch die Bakterien zu Eisen(II) reduziert, ein starkes chemisches Reduktionsmittel. Wie ein Kontrolleexperiment jedoch zeigte, vermag dieses Eisen(II) unter den gegebenen chemischen Bedingungen weder das freie noch das gebundene Arsenat zu reduzieren. Mit Aluminium(hydr)oxid gefälltes Arsenat wurde ebenfalls mikrobiell reduziert, aber die Reaktionsgeschwindigkeit war nochmals um einen Faktor vier kleiner als beim Ferrihydrit und das gebildete Arsenit blieb in Lösung. Nicht beantwortet werden konnte die Frage, wie der Elektronentransport von der Zellwand des Bakteriums zum Arsenat in und an der Festphase erfolgt, eine grosse Distanz für einen Elektronentransfer. Die vorliegenden Daten zeigen deutlich, dass in anoxischen Aquifers das gebundene Arsenat mikrobiell remobilisiert werden kann (vgl. Beitrag S. 11).

Kolloidale und partikuläre Phosphoreinträge in zwei Zuflüssen des Luganersees

Sabine Hilger, Laura Sigg; Alberto Barbieri (Bellinzona)

Obwohl die Phosphoreinträge in Schweizer Seen schon lange ausführlich untersucht werden, stellen sich noch viele Fragen in Bezug auf die Rolle des Phosphors in kolloidalen Partikeln (sehr kleine Teilchen mit Durchmesser $< 1 \mu\text{m}$). In zwei Zuflüssen des Luganersees betrug der mittlere Anteil des kolloidalen Phosphors am Gesamtphosphor etwa 10%. Bei einer Einschichtung der kolloidal gebundene Phosphor teilweise für das Algenwachstum mobilisiert werden.

Kolloidale Partikel spielen in aquatischen Systemen eine besondere Rolle. Einerseits sind sie bedeutsam, weil sie wegen ihrer geringen Grösse (typischerweise im Bereich von wenigen Nanometern bis einem Mikrometer) nur sehr langsam absinken, andererseits aber, weil die an Kolloiden gebundenen Stoffe für Organismen weniger direkt verfügbar sind als gelöste Bestandteile. Der kolloidale Grössenbereich wird in Routineanalysen kaum berücksichtigt und häufig der gelösten Fraktion zugeordnet.

Die Verteilung des Phosphors zwischen den gelösten, kolloidalen und partikulären Grössenklassen wurde in zwei Zuflüssen des Luganersees, nämlich im Cassarate (Nordbecken) und im Vedeggio (Südbecken), untersucht. Die einzelnen Grössenklassen wurden *in situ* mittels einer Durchflusszentrifuge und einer Tangentialflussfiltration voneinander getrennt. Dabei wurden der partikuläre Anteil (Teilchendurchmesser > 1 µm), der kolloidale Anteil (Teilchendurchmesser < 1 µm und Molekulargewicht > 10 000) und der gelöste Anteil (Molekulargewicht < 10 000) unterschieden.

Die Phosphorverteilung über diese verschiedenen Grössenklassen hängt in beiden Flüssen stark vom Abfluss ab. Bei Niedrigwasser wurden im Cassarate im Mittel von 10 Probenahmen 1.2 µM Gesamtphosphor gemessen,

wobei sich 31% in der partikulären Grössenklasse, 10% in der kolloidalen und 59% in der gelösten befanden. Im Vedeggio wurden bei Niedrigwasser 1.5 µM Gesamtphosphor gemessen mit 19% in der partikulären, 12% in der kolloidalen und 69% in der gelösten Grössenklasse (Mittel von 8 Proben). Bei Hochwasser erhöht sich der partikuläre Anteil markant. Bei Hochwasser sind im Cassarate bei einer mittleren Konzentration von 5.4 µM Gesamtphosphor im Mittel 73% des P partikulär, 10% kolloidal und 17% gelöst, und im Vedeggio (Gesamt-P 5.9 µM) 73% des P partikulär, 8% kolloidal und 19% gelöst. Die kolloidale P-Konzentration steigt demnach effektiv bei Hochwasser an, was auf eine Mobilisierung von kolloidalen Partikeln hindeutet sowie auf eine erhöhte Stabilität der Kolloide bei niedrigeren Ionenstärken, welche durch die Verdünnung des Flusswassers bei starken Regenfällen bedingt sind.

	Mittlere P-Verteilung %		1996 P-Fracht [t P/Jahr]	1997 P-Fracht [t P/Jahr]
Trockenwetter				
gelöst	59		1.6	0.7
kolloidal	10		0.3	0.1
partikulär	31		0.9	0.3
Hochwasser				
gelöst	17		0.8	1.0
kolloidal	10		0.5	0.6
partikulär	73		3.5	4.3
Ganzes Jahr	1996	1997	1996	1997
gelöst	32	24	2.4	1.7
kolloidal	10	10	0.75	0.7
partikulär	58	66	4.35	4.6
Totale P-Jahresfracht			7.5	7.0

Tabelle 1: Berechnete Verteilung der Phosphor-Jahresfracht* aus dem Cassarate in den Luganersee.

	Mittlere P-Verteilung %		1996 P-Fracht [t P/Jahr]	1997 P-Fracht [t P/Jahr]
Trockenwetter				
gelöst	68		1.0	1.2
kolloidal	12		0.2	0.3
partikulär	19		0.3	0.3
Hochwasser				
gelöst	19		0.7	1.3
kolloidal	8		0.3	0.5
partikulär	73		2.8	4.8
Ganzes Jahr	1996	1997	1996	1997
gelöst	30	30	1.6	2.5
kolloidal	8	9	0.4	0.8
partikulär	62	61	3.3	5.1
Totale P-Jahresfracht			5.3	8.4

Tabelle 2: Berechnete Verteilung der Phosphor-Jahresfracht* aus dem Vedeggio in den Luganersee.

* Die Verteilung der Phosphorjahresfracht auf die verschiedenen Grössenklassen wurde aufgrund der mittleren gemessenen Verteilung des Phosphors bei Trockenwetter und bei Hochwasser und der totalen Monatsfrachten mit niedrigen und mit hohen Abflüssen berechnet.

Die Phosphorfrachten in den verschiedenen Fraktionen wurden aufgrund eines Modells für die Konzentration-Abfluss-Beziehungen, das vom Laboratorio Studi Ambientali (Kanton Tessin) erarbeitet wurde, und der typischen Verteilungen berechnet (Tabellen 1 und 2).

In der Jahresfracht ist der kolloidale Anteil im Vergleich zum echt gelösten Anteil nicht zu vernachlässigen. Kolloidal gebundener Phosphor kann durch chemische und biochemische Umsetzungen (z.B. durch spezialisierte Enzyme) freigesetzt werden und somit im See zum Algenwachstum beitragen.

Dieser Beitrag basiert auf der Zusammenarbeit mit dem Laboratorio Studi Ambientali, Sezione Protezione Aria e Acqua, Dipartimento del Territorio, Bellinzona.

Dynamik der Stickstoffumwandlung in flachen Fließgewässern

Ivana Jancarkova

Die wichtigsten Prozesse der Stickstoffumwandlung in flachen Fließgewässern – die Stickstofffixierung durch Wachstum und die Nitrifikation – finden hauptsächlich im Biofilm auf der Fließgewässersohle statt. Die Akkumulation von Biofilm wird durch die Temperatur und das Angebot von Nährstoffen und Licht bestimmt. Für den Verlust von Biomasse ist vor allem die Abscherung während Hochwasserereignissen verantwortlich. Aufgrund der Vielzahl von Einflussfaktoren sind die Entwicklung von Fließgewässerbiofilmen und dementsprechend auch das Stickstoffumwandlungspotential zeitlich und räumlich sehr variabel. Diese Dynamik wurde für den voralpinen Fluss Töss untersucht und quantitativ in einem mathematischen Modell beschrieben.

Die potentielle Nitrifikationsaktivität wies eine signifikante Korrelation mit dem Wachstum oder der Abscherung der Algenbiomasse auf (Abbildung). Die Nitrifikationsaktivität in der Tiefe der Sohle (hyporheisches Interstitial) war deutlich kleiner als an der lichtexponierten Sohlenoberfläche und war stark abhängig von der lokalen Austauschrate zwischen Fluss und Interstitial.

Das Modell beschreibt den Tagesgang der Stickstoffaufnahme durch die Algen als Folge der Kohlendioxid-Assimilation unter Berücksichtigung der lichtstimulierten Photosynthese und des Wachstums auf Speicherprodukten im Dunkeln. Ausserdem wird angenommen, dass eine Stickstoffaufnahme durch weiter nicht spezialisierte Flussorganismen auftritt (hauptsächlich Wachstum heterotropher Mikroorganismen auf gelöstem und partikulärem organischem Material im hyporheischen Interstitial).

Es wurden verschiedene Nitrifikationsmodelle mit unterschiedlichen Konzepten für die Bakterienverteilung und den Massentransport im Biofilm getestet. Das beste Modell für die Beschreibung der zweistufigen Nitrifikation (über die Zwischenstufe Nitrit) lokalisiert die Nitrifikanten auf den Algenfäden, die von einem Grenzfilm umgeben sind.

Die photosynthetische Stickstofffixierung stabilisierte sich unter optimalen Bedingungen bei $6 \text{ mg N/m}^2_{\text{Flusssohle}} \cdot \text{h}$. Sie erwies sich als temperaturunabhängig und als unempfindlich gegenüber den meisten Hochwassern. Die den anderen Flussorganismen zugeordnete Stickstoffaufnahme war relativ konstant bei $1.5\text{--}3 \text{ mg N/m}^2_{\text{Flusssohle}} \cdot \text{h}$.

Sind die Ammoniumkonzentrationen im Fluss günstig für die Etablierung einer stabilen Nitrifikantenpopulation, dann ist die Nitrifikation transportlimitiert. Damit ist die Ammoniumoxidation eine Reaktion erster Ordnung bezüglich der Ammoniumkonzentration des Flusswassers, und die Temperaturabhängigkeit entspricht der molekularen Diffusion. Bei der gemessenen Spitzenkonzentration von $3 \text{ g NH}_4\text{-N/m}^3$ betrug die maximale Nitrifikationsrate $35 \text{ mg N/m}^2_{\text{Flusssohle}} \cdot \text{h}$.

Verschiedene hypothetische Massnahmen, welche einen Einfluss auf den Verlauf der Selbstreinigung haben, wurden für das Beispiel der Stickstoffumwandlung simuliert und diskutiert. Einen positiven Effekt auf das Verhalten bei Spitzenbelastungen haben:

- Massnahmen, die die Interaktionen mit dem hyporheischen Interstitial verbessern und die Verweilzeit im Flussabschnitt vergrössern;
- kontinuierliche geringe Belastung einer potentiell gefährdeten Strecke. Für die Entwicklung einer signifi-

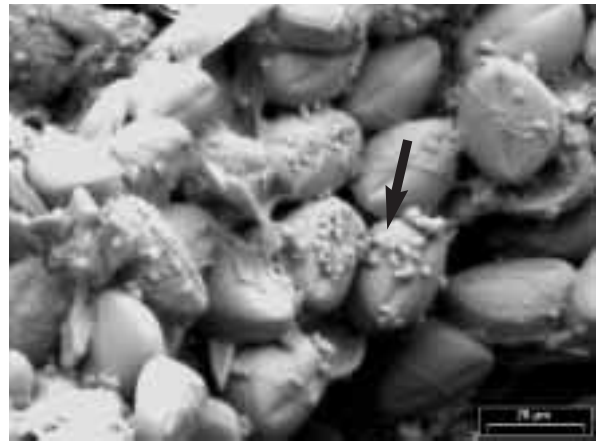


Abbildung: Raster-Elektronen-Mikroskop-Bild der Biofilmoberfläche. Aufwuchs auf Algen, die eine riesige Oberfläche für das Bakterienwachstum bieten. Der Pfeil zeigt Bakterien von 0.5–1 µm Grösse. (Foto: Ivana Jancarkova)

fikanten Nitrifikantenpopulation sind z.B. mindestens $0.3 \text{ g NH}_4\text{-N/m}^3$ an der potentiellen Einleitstelle nötig;

- schnelle Querdurchmischung der Einleitung;
- Vermeidung starker Gewässerbeschattung.

Auf der Suche nach biologisch abbaubaren Komplexbildnern

Margarete Witschel, Thomas Egli

In vielen industriellen Prozessen werden grosse Mengen an Komplexbildnern eingesetzt. Die zurzeit hierfür verwendeten Chemikalien sind allerdings zum Teil nur schlecht oder gar nicht bioabbaubar. Folglich werden Ersatzstoffe gesucht, wobei Ethylendiamindisuccinat (EDDS) ein geeigneter Kandidat sein könnte. Der Bioabbau dieser Substanz wurde nun genauer untersucht.

Freie Metallionen stören bei vielen industriellen Prozessen. Um Metallionen zu inaktivieren, werden vielfach Komplexbildner wie z.B. Ethylendiamintetraacetat (EDTA) zugesetzt. EDTA und auch einige andere industriell wichtige Komplexbildner werden in Kläranlagen nicht aus dem Abwasser entfernt, weswegen Ersatzstoffe gesucht werden. Solch ein neuer Komplexbildner sollte einerseits stabile Metall-Komplexe bilden und andererseits auch gut biologisch abbaubar sein. EDDS wird als Ersatzstoff vorgeschlagen, und es stellt sich nun die Frage, ob diese Substanz die oben genannten Kriterien erfüllen kann.

Die Stabilität wichtiger Metall-EDDS-Komplexe reicht für viele Anwendungen aus. Bei der Untersuchung des biologischen Abbaus von EDDS muss man beachten,

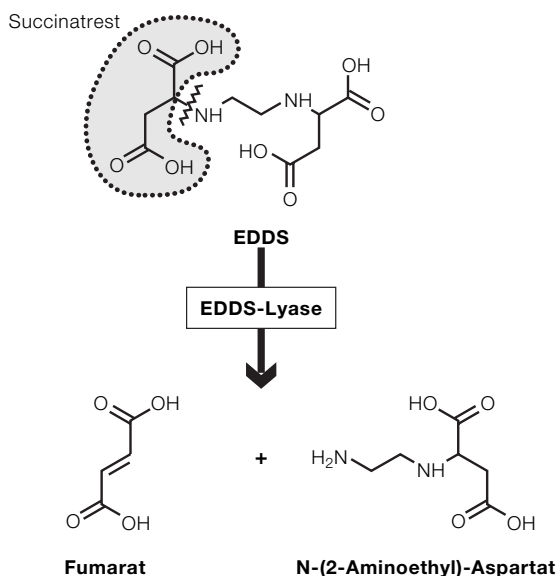


Abbildung: Erster Schritt im EDDS-Abbaupfad: Abspaltung eines Succinatrestes vom EDDS-Molekül unter Bildung von N-(2-Aminoethyl)-Aspartat und Fumarat. Die Reaktion wird von dem Enzym EDDS-Lyase katalysiert.

dass unterschiedliche Metall-EDDS-Komplexe sich verschieden verhalten können. Zusätzlich gibt es drei verschiedene Formen der Substanz, so genannte Stereoisomere, die sich in der räumlichen Anordnung der einzelnen Bausteine des Moleküls unterscheiden. Die drei Stereoisomere bezeichnet man als (S,S)-EDDS, (R,R)-EDDS und (R,S)-EDDS. (S,S)-EDDS wird von Mikroorganismen hergestellt, die auch für die biotechnische Produktion des Stoffes eingesetzt werden können. Auf chemischem Wege sind reines (S,S)-EDDS und (R,R)-EDDS produzierbar, während (R,S)-EDDS immer nur in einer Mischung mit den anderen beiden Stereoisomeren vorkommt.

Mit (S,S)-EDDS konnten zwei bakterielle Reinkulturen aus unserem Labor wachsen, die ursprünglich wegen ihrer

Fähigkeit, andere Komplexbildner (NTA bzw. EDTA) abzubauen, isoliert worden waren. Zusätzlich konnten wir einen weiteren Bakterienstamm aus dem Klärschlamm einer kommunalen Kläranlage isolieren, der die (S,S)-Form abbaut. In allen drei Bakterien wurde im ersten Schritt des EDDS-Abbaupfad eine Succinatgruppe abgespalten (Abbildung). Das Enzym, das diese Reaktion katalysiert, setzt nur solche Metall-EDDS-Komplexe um, welche vergleichsweise instabil sind (d.h. freies EDDS sowie Komplexe mit Mg^{2+} , Ca^{2+} und Mn^{2+}). Daher ist möglicherweise auch damit zu rechnen, dass ganze Zellen nur diese Komplexe und nicht die in der Industrie vielfach anfallenden Schwermetall-EDDS-Komplexe abbauen können.

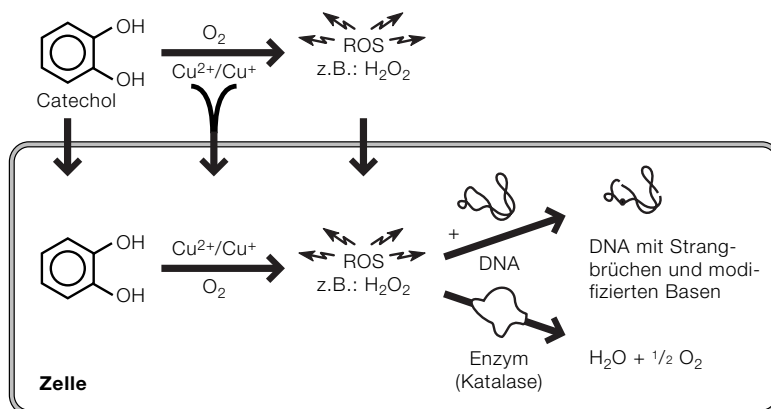
Untersuchungen mit ganzen Bakterienzellen und dem EDDS-abbauenden Enzym zeigten weiterhin, dass sowohl (S,S)-EDDS als auch (R,S)-EDDS gespalten werden, während (R,R)-EDDS nicht angegriffen wurde. Falls also EDDS «alte» Komplexbildner ersetzt wird, so sollte ausschliesslich die reine (S,S)-Form verwendet werden. Zusätzlich sind aber noch weitere Tests zur Abbaubarkeit verschiedener Metall-(S,S)-EDDS-Komplexe erforderlich, um entscheiden zu können, ob (S,S)-EDDS wirklich ein geeigneter neuer Komplexbildner ist.

Unterschätzen bakterielle Mutagenizitätstests die wirkliche Gefahr von Umweltschadstoffmischungen?

Nina Schweigert, Rik Eggen

Die Kombination von organischen Schadstoffen und Schwermetallen kann zur Bildung von reaktiven Sauerstoffspezies (ROS) führen. Diese ROS schädigen Zellbausteine wie das Erbgut, Proteine und Membrane. Organismen haben Verteidigungsmechanismen entwickelt, um sich gegen ROS zu schützen. Ein Stress

Abbildung: Catechol und Kupfer reagieren in der Anwesenheit von Sauerstoff zu ROS entweder ausser- oder innerhalb von Zellen. ROS schädigen Zellbestandteile, wie z.B. die DNA (oben). Ein aktives Verteidigungssystem aber kann ROS abfangen und in ungefährliche Substanzen umwandeln (unten). In diesem Fall entstehen in den Zellen keine oder sehr viel weniger Schäden.



durch Catechol und Kupfer aktiviert diese Verteidigung und vermindert Schäden im Erbgut. Eine chronische Belastung mit diesem Stress kann aber eventuell zu einer langsamen Ansammlung von Mutationen im Erbgut führen.

In der Umwelt kommen Schadstoffe meistens nicht alleine, sondern als Gemische vor. Es ist deshalb wichtig, nicht nur die Effekte der einzelnen Schadstoffe auf Organismen zu kennen, sondern auch zu untersuchen, welche Folgen sie als Kombinationen haben.

Wir haben die Kombination von Kupfer (Cu^{2+}) und unchlorierten bzw. chlorierten Catecholen untersucht. Chlorierte Catechole werden z.B. bei der Papierherstellung in grossen Mengen in die Umwelt eingeleitet. Des Weiteren werden Catechole in einigen Bakterien und Pilzarten als Zwischenprodukte beim mikrobiellen Abbau verschiedener organischer Substanzen (z.B. Benzol) produziert.

Der Effekt dieser Chemikalien auf isoliertes Erbgut (DNA) wurde in Reagenzglasversuchen (*in vitro*) angeschaut, während gleichzeitig in Bakterien (*in vivo*) die Mutagenizitätsraten als Folge der möglichen DNA-Schäden gemessen wurden.

In vitro konnten weder Kupfer noch Catechole allein die DNA schädigen, aber in Kombination reagieren sie in Anwesenheit von Luftsauerstoff miteinander und DNA-Schäden konnten in Form von Strangbrüchen nachgewiesen werden. Hierbei stellten wir fest, dass die Reaktionsgeschwindigkeit mit einer zunehmenden Chlorierung der Catechole abnahm. Dies lässt sich dadurch erklären, dass Chloratome einen stabilisierenden Effekt auf das Catechol-Molekül haben, wodurch dieses weniger reaktiv wird.

Es wurde auch festgestellt, dass ROS wie Wasserstoffperoxid (H_2O_2), Superoxid (O_2^-) und sehr wahrscheinlich Hydroxylradikale ($\cdot\text{OH}$) und/oder Singulett-Sauerstoff ($^1\text{O}_2$) in dieser Reaktion gebildet wurden. Diese führen schlussendlich zu DNA-Schäden.

In vitro messbare DNA-Schäden waren aber *in vivo* nicht nachweisbar: In zwei bakteriellen Mutagenizitätstests wurden weder durch Kupfer oder Catechole allein noch durch deren Kombination erhöhte Mutationsraten gemessen. Dieser Gegensatz der *in vitro*- und *in vivo*-Resultate kann durch aktivierte Verteidigungssysteme in den Bakterien erklärt werden. Durch diese Verteidigungssysteme werden ROS zu unschädlichen Substanzen abgebaut und es wird verhindert, dass Schäden an DNA, Proteinen oder Membranen entstehen (Abbildung). So konnten wir nach Kupfer- und Catechol-Stress in Bakterien tatsäch-

lich ein aktiviertes ROS-Verteidigungssystem (Katalase) messen. Das bedeutet, dass diese Schadstoffmischung zu erhöhten ROS-Konzentrationen in den Zellen führt. Die Verteidigung der Zellen hat aber unter diesen experimentellen Bedingungen ausgereicht, um DNA-Schäden zu verhindern oder um sie auf ein nicht messbares Mass zu vermindern. Wir können aber bei chronischen Belastungen mit Kupfer und Catechol eine langsame Ansammlung von Mutationen nicht ausschliessen.

Selektive Bestimmung von aromatischen Sulfonaten in Deponiesickerwasser und Grundwasser

Marc J.-F. Suter, Sonja Riediker, Walter Giger

Organische Sulfonate werden in grossen Mengen und einer Vielfalt von industriellen Prozessen eingesetzt. Sie sind sehr mobil und werden in Konzentrationen von bis zu 50 mg/l in Deponieabwässern gefunden (p-Toluolsulfonat, Deponie Riet). Eine neue massenspektrometrische Methode erlaubt ihre selektive Bestimmung.

Aromatische Sulfonate (AS) weisen eine hohe Mobilität in aquatischen Systemen auf, bedingt durch die physikalisch-chemischen Eigenschaften dieser Verbindungen. AS wurden in einer Vielzahl von Umweltkompartimenten nachgewiesen, so zum Beispiel in Oberflächengewässern, Deponiesickerwasser und Grundwasser in der Nähe von Deponien.

Da AS unter anderem als Emulgatoren und Lösungsvermittler eingesetzt werden, besteht zudem die Möglichkeit, dass sie hydrophobe Verbindungen (z.B. aus Deponien) remobilisieren können. Deshalb ist eine selektive Detektionsmethode nötig, um die Umweltgefährdung abschätzen zu können, die von aromatischen Sulfonaten ausgeht.

Durch Electrospray Ionisation (ESI) können ionische Verbindungen direkt, d.h. ohne vorgängige Derivatisierung, mittels Massenspektrometrie bestimmt werden. ESI ist heute die populärste Methode, um Flüssigchromatografie (LC) mit Massenspektrometrie (MS) zu koppeln. Ob schon mit dieser Ionisationsart wenig Energie auf die Moleküle übertragen wird, können unter bestimmten Geräteeinstellungen Fragmentierungen angeregt werden. Die selektive Bestimmung basiert auf dem sehr charakteristischen Verhalten der AS unter zerfallsanregenden Bedingungen. Die zwei Hauptzerfallswege sind erstens der Verlust von SO_2 nach Umlagerung der Sulfonatgruppe und zweitens die Bildung von negativ geladenen SO_3^- -Radikalen der Masse 80, nach Spaltung der C-S-

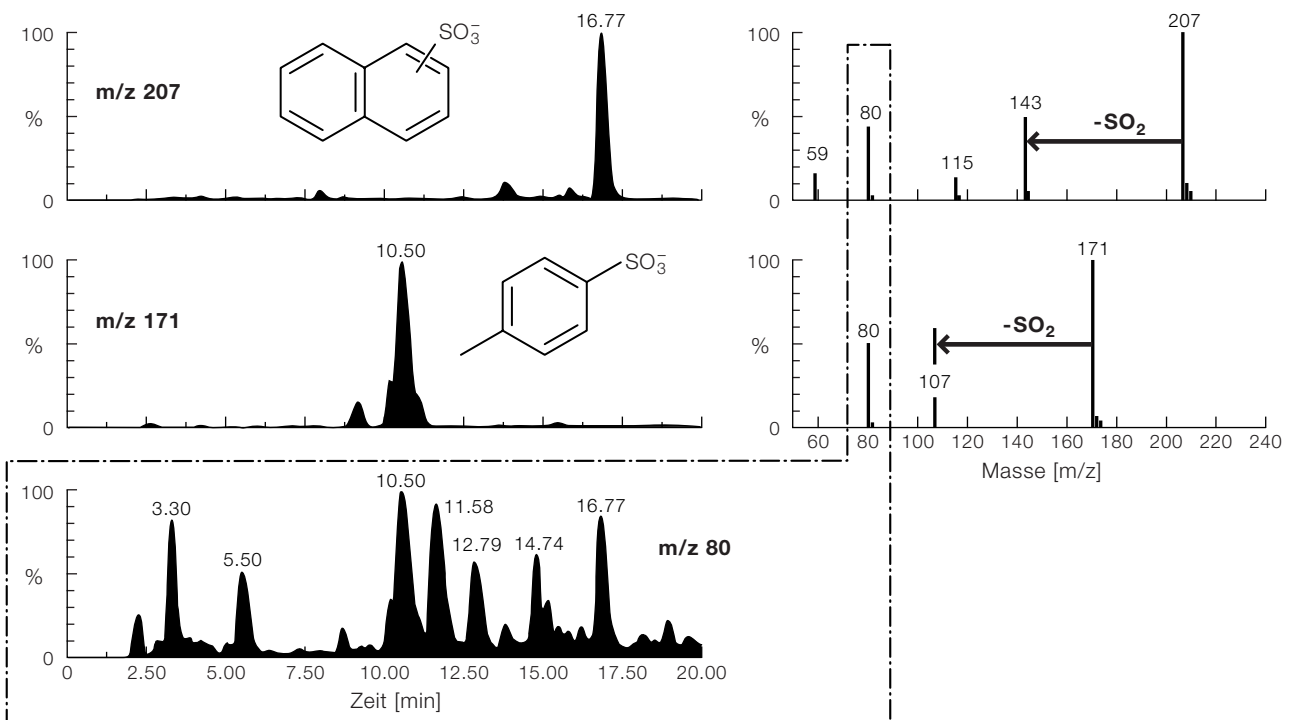


Abbildung: Auf der linken Seite: LC/MS-Ionenchromatogramme einer Deponiesickerwasserprobe (SMDK Kölliken, AG) mit den entsprechenden Massenspektren (rechts). Die unterste Spur zeigt alle Verbindungen auf, welche das für AS spezifische negativ geladene SO₃-Radikal erzeugen. m/z = Masse pro Ladung. Weitere Erklärungen im Text.

Bindung. Die Bildung des negativ geladenen SO₃-Radikals zusammen mit dem Verlust des Neutralteilchens SO₂ ist ein klarer Hinweis auf die Präsenz von AS in einer Umweltprobe.

Die Abbildung zeigt LC/MS-Ionenchromatogramme einer Sickerwasserprobe aus der Sondermülldeponie Kölliken (AG). Die Probe wurde mittels Flüssigchromatografie aufgrund der Polarität der Inhaltsstoffe aufgetrennt und mittels MS im Negativionenmodus untersucht. Die unterste Spur enthält Signale für alle in der Probe enthaltenen Verbindungen, welche das SO₃-Radikal bilden. In den beiden oberen Ionenchromatogrammen sind die deprotonierten Molekülmassen von Naphthalinsulfonat (Masse 207) und *p*-Toluolsulfonat (Masse 171) aufgezeichnet. Rechts von den Ionenchromatogrammen sind die Massenspektren der entsprechenden Verbindungen dargestellt. Die Spektren enthalten neben dem SO₃-Radikal auch die Massendifferenz von 64, welche dem Verlust von SO₂ entspricht.

Es konnte gezeigt werden, dass die Methode auch die Identifikation unbekannter Verbindungen erlaubt. Beispielsweise konnte im Sickerwasser von zwei Deponien Toluol-2,4-disulfonat nachgewiesen werden, dessen Quellen allerdings noch nicht definitiv ermittelt werden konnten.

Neue Methoden zur Bestimmung anorganischer Desinfektionsnebenprodukte im Trinkwasser

Elisabeth Salhi, Yves Bichsel, Bernd Nowack, Urs von Gunten

Die Bestimmung von sauerstoffhaltigen Iod-, Brom- und Chlorverbindungen (Iodat, Bromat, Chlorit und Chlorat) im tieferen µg/l-Bereich war bis anhin aufwendig und unzuverlässig. Für die Einhaltung der Grenzwerte, aber auch für die Erforschung ihrer Bildung während der Trinkwasseraufbereitung ist es jedoch unumgänglich, diese Spezies möglichst einfach in tiefen Konzentrationen bestimmen zu können. Dies wird mit den neu entwickelten Methoden ermöglicht, die alle auf einer Ionenchromatografischen Auftrennung mit nachfolgender Nachsäulenreaktion basieren. Je nach Analyt müssen dazu die Bedingungen modifiziert werden.

Iod: Iodid (I⁻) ist ein im Wasser natürlicherweise enthaltenes Anion. Bei der oxidativen Trinkwasseraufbereitung können daraus unter gewissen Bedingungen iodorganische Verbindungen entstehen, welche geruchsintensiv sind. Zur Abklärung der möglichen Reaktionen von I⁻ muss dieses wie auch das Iodat (IO₃⁻) als mögliche Senke bestimmt werden können. Beide Iodspezies können mit der neuen Methode ohne Probearbeitung in Spuren-

Methode	weitere Analyten	Eluent	Reagenz	Detektiions- limite [$\mu\text{g/l}$]
Iodid		Bromid	OBr^-	0.1
Iodat		Borat	I^-	0.1
Bromat	IO_3^- , ClO_2^- , NO_2^- , Matrix-Anionen	Carbonat	$\text{I}^-/\text{Mo}^{\text{VI}+}$	0.1
Chlorat	ClO_2^- , BrO_3^- , NO_2^-	Borat	$\text{I}^-/\text{OsO}_4^{2-}$	0.5

Tabelle: Zusammenfassung der Analysenbedingungen und Detektionslimiten.

konzentrationen gemessen werden. Für die Analyse von I^- wird dieses ionenchromatografisch (IC) von der Matrix getrennt, darauf lässt man I^- mit Hypobromit (OBr^-) und Bromid (Br^-) reagieren, wobei sich in saurem Medium IBr_2^- bildet. Letzteres ist im UV-Detektor bei 249 nm messbar. IO_3^- wird bestimmt, indem man dieses nach der IC im sauren Bereich mit I^- zu I_3^- reagieren lässt, welches bei 288 nm oder 352 nm detektiert werden kann.

Brom: Aus dem im Wasser enthaltenen Br^- wird während der Aufbereitung mit Ozon Bromat (BrO_3^-) gebildet. Dieses ist potentiell krebserregend und deshalb im Trinkwasser nur bis zu einer Konzentration von $10 \mu\text{g/l}$ zugelassen. Um die potentielle BrO_3^- -Bildung besser abzuschätzen, muss auch die Br^- -Konzentration im Rohwasser überwacht werden. Br^- wird mit IC und supprimierter Leitfähigkeitsdetektion gemessen. Dies ist gekoppelt an eine Nachsäulenreaktion, bei der aus BrO_3^- mit saurer, molybdathaltiger (Katalysator) Iodidlösung I_3^- gebildet wird, welches bei 352 nm oder 288 nm im UV detektiert werden kann. Mit derselben Methode kann man gleichzeitig auch Nitrit (NO_2^-), IO_3^- , Chlorit (ClO_2^-) und Matrix-Anionen wie Chlorid, Nitrat und Sulfat erfassen (siehe Abbildung).

Chlor: Ein weiteres Problem bei der Trinkwasseraufbereitung ist die Bildung von ClO_2^- und Chlorat (ClO_3^-) bei

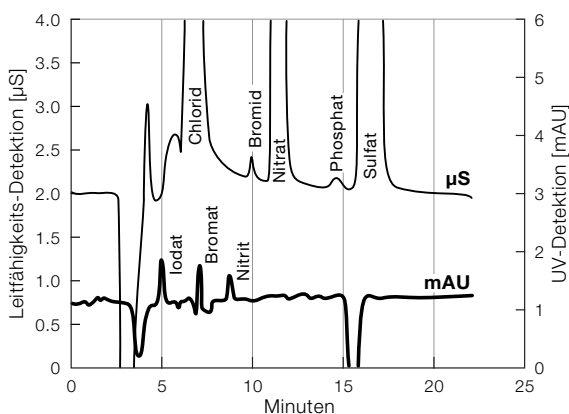


Abbildung: Trinkwasser mit $2 \mu\text{g/l}$ Iodat, $2 \mu\text{g/l}$ Bromat, $1.5 \mu\text{g/l}$ Nitrit und $39 \mu\text{g/l}$ Bromid (vgl. Abschnitt Brom).

der Behandlung von Wasser mit Chlordioxid. ClO_3^- wird auch gebildet, wenn gechlortes Wasser anschliessend mit Ozon behandelt wird. Die Summe von ClO_2^- und ClO_3^- darf im Trinkwasser $200 \mu\text{g/l}$ nicht übersteigen. Die Analyse ist bei pH 3 durchführbar, wenn bei der oben beschriebenen IC-Nachsäulenreaktion Molybdat ($\text{Mo}^{\text{VI}+}$) durch Osmat (OsO_4^{2-}) als Katalysator ersetzt wird. Ohne Letzteren würde ClO_3^- nur in 6 M Salzsäure mit I^- reagieren. ClO_2^- und ClO_3^- reagieren mit I^- zu I_3^- und werden so wie oben beschrieben detektierbar.

Alle vier beschriebenen Methoden werden in verschiedenen Trinkwasserwerken zur Überwachung der Wasserqualität bereits erfolgreich eingesetzt.

Durch die Anwendung der Methoden wird eine Analytik erreicht, die empfindlich und reproduzierbar ist. Es ist keine Probenvorbereitung (mehr) nötig, was Zeit und Material spart und Fehlerquellen eliminiert.

Die Membrantoxizität von nichtionischen Tensiden

Beate Escher, Markus Müller, Alexander Zehnder

Tenside sind oft schon in Konzentrationsbereichen toxisch, in denen sie noch keine Mizellen bilden. Als hydrophobe Substanzen können sie sich in biologischen Membranen anreichern und dort toxisch wirken. Diese Arbeit zeigt, wie solche Effekte auf molekularer Ebene untersucht werden können.

Alkoholethoxylate AEO ($\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{x-1}-(\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2)_y-\text{OH}$) sind nichtionische Tenside, die heute in grossen Mengen in Wasch- und Reinigungsmitteln eingesetzt werden. Allein in der Schweiz kommen jährlich rund 6500 Tonnen zum Einsatz. Der grösste Teil davon gelangt in Kläranlagen und wird dort biologisch abgebaut. Ein Teil kann jedoch auch an Klärschlamm sorbieren und mit ihm in den anaeroben Faulturn gelangen, wo die Persistenz und die Toxizität von AEOs ein potentielles Problem darstellen.

Tenside sind oberflächenaktiv und aggregieren zu kugelförmigen Mizellen, die Verunreinigungen von Textil- und anderen Oberflächen lösen können. Von biologischen Organismen aufgenommen, können sich diese Eigenschaften negativ auswirken, da solche Mizellen auch biologische Membranstrukturen auflösen können. Aber auch in Konzentrationen unterhalb der kritischen Mizellbildungskonzentration, wie sie in der Umwelt vorkommen und wo die Tenside als Einzelmoleküle vorliegen, können AEOs toxisch wirken.

In diesem Projekt wurde untersucht, wie die Struktur von linearen AEOs die toxische Wirkung auf Membranen in umweltrelevanten Konzentrationen beeinflusst. Zu diesem Zweck wurden Membran-Wasser-Verteilungsexperimente mit Messungen der Membrantoxizität kombiniert. Die Membrantoxizität wurde mit zeitaufgelöster Spektroskopie an isolierten Photosynthesemembranen des Purpurbakteriums *Rhodobacter sphaeroides* gemessen. Dieser Ansatz erlaubt es, die toxische Effektkonzentration am Wirkort, der biologischen Membran, zu bestimmen, während üblicherweise nur die Konzentration in der wässrigen Umgebung ermittelt wird, bei der ein toxischer Effekt eintritt.

Während die Effektkonzentrationen im Wasser, EC_w , stark von der Hydrophobie der AEOs abhängen und gut mit den Membran-Wasser-Verteilungskoeffizienten, K_{mw} , korrelieren (Abbildung A), sind die Effektkonzentrationen in der Membran, EC_m , praktisch konstant (Abbildung B). Interessanterweise lassen sich zwei Gruppen von AEOs unterscheiden: Solche mit 5 Ethoxylateinheiten ($\gamma = 5$) haben EC_m -Werte, die etwas tiefer liegen als die von AEOs mit 8 und mehr Ethoxylateinheiten ($\gamma \geq 8$). Die Alkylkettenlänge ($8 \leq x \leq 16$) hat dagegen kaum Einfluss auf EC_m . Die EC_m -Werte stimmen gut überein mit tödlichen Körperkonzentrationen von narkotisierenden, aber nicht oberflächenaktiven Substanzen. Narkose ist die

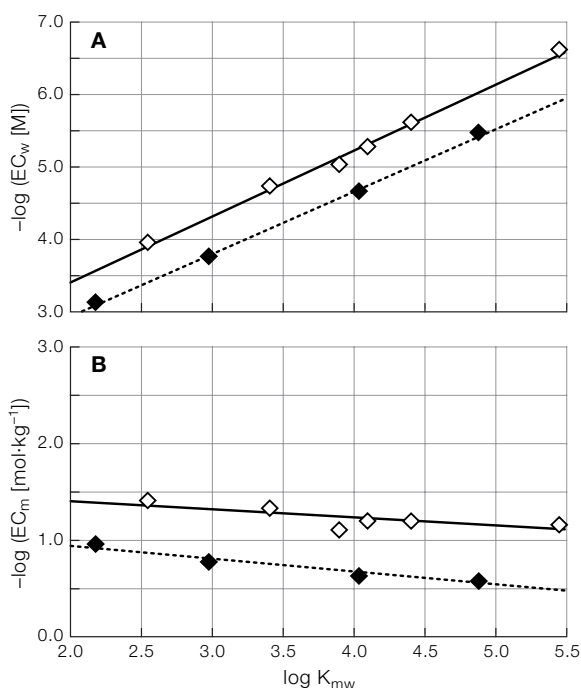


Abbildung: Membrantoxizität von linearen Alkoholethoxylaten als Effektkonzentration EC_w im Wasser (A) und in der Membran EC_m (B), in Abhängigkeit von der Membran-Wasser-Verteilung K_{mw} . Die ausgefüllten Symbole repräsentieren AEOs mit 5 Ethoxylateinheiten, die leeren Symbole solche mit 8 und mehr Ethoxylateinheiten.

Basistoxizität jedes hydrophoben Stoffes, die auf einer unspezifischen Störung der Struktur und Funktionalität von biologischen Membranen beruht. Je nach Polarität des Schadstoffs unterscheidet man polare und nicht-polare Narkotika. Der mittlere EC_m -Wert von AEOs mit 5 Ethoxylateinheiten ist $200 \pm 70 \text{ mol} \cdot \text{kg}_{\text{Lipid}}^{-1}$, was gut mit der tödlichen Körperkonzentration für nichtpolare Narkotika übereinstimmt, während die EC_m -Werte der anderen Gruppe von AEOs mit $60 \pm 15 \text{ mol} \cdot \text{kg}_{\text{Lipid}}^{-1}$ auf polare Narkose hindeuten.

Damit konnte gezeigt werden, dass die oberflächenaktiven AEOs in niedrigen Konzentrationen als Narkotika wirken. Zudem zeigen Messungen an kommerziellen Mischungen von AEOs, dass die Wirkungen der Einzelkomponenten in der Regel additiv sind.

Wieso beeinflusst der pH-Wert die Giftwirkung von phenolischen Verbindungen? – Ein Modell und was sich daraus folgern lässt

René W. Hunziker, Beate I. Escher, Mario Snozzi, René P. Schwarzenbach

Die pH-Abhängigkeit der toxischen Aktivität von sieben Phenolverbindungen konnte mit einem mathematischen Modell beschrieben werden. Aus der mechanistischen Vorstellung über den Ablauf der Entkopplung lässt sich eine verstärkende Wirkung des Effektes in Mischungen mit mehreren Entkopplern postulieren. Dies konnte experimentell bestätigt werden.

Im Rahmen einer Dissertation wird an der EAWAG die Giftwirkung von organischen, aromatischen Säuren untersucht. Diese sind Wirkstoffe oder Abbauprodukte von Pestiziden oder Holzschutzmitteln. Zahlreiche dieser organischen Säuren schädigen einen Organismus auf dieselbe Art und Weise. Sie trennen im Energiehaushalt der Zelle zwei Schritte voneinander, die gekoppelt ablaufen müssen. Deshalb nennt man sie Entkoppler.

Zur Aufrechterhaltung ihrer Funktionen braucht jede Zelle Energie. Damit die Energie aus der Nahrung oder dem Sonnenlicht von den verschiedenen Systemen in der Zelle genutzt werden kann, muss diese zuerst in eine allgemeine Form konvertiert werden. Dazu pumpen bestimmte Enzyme in der Membran der Zelle in einem ersten Schritt Protonen durch die Membran. Wie bei einem Ballon, der aufgeblasen wird, baut sich ein Druck der Protonen auf, die zurück in die Zelle strömen möchten. Dieser Druck kann von verschiedenen wiederum membranständigen Enzymen in einem zweiten Schritt genutzt werden, um energieabhängige Prozesse anzutreiben.

Und die Entkoppler? Wie kleinste Löcher in der Membran ermöglichen sie selektiv den Protonen, die Zellmembran zu durchdringen, womit kein Druck mehr aufgebaut wird, der im zweiten Schritt genutzt werden könnte.

Für Phenolverbindungen stellt man sich den Ablauf wie folgt vor (Abbildung a). Auf der Seite mit hoher Protonenkonzentration (links) bindet das negativ geladene Säure-Anion des Entkopplers ein positiv geladenes Proton und strömt als neutrales Teilchen durch die Membran. Auf der rechten Seite wird das Proton wieder freigesetzt. Das verbleibende Säure-Anion wird von der positiven Ladung der Protonen auf der anderen Seite durch die Membran zurückgezogen. Hier bindet das Anion von neuem ein Proton und der Kreislauf beginnt von vorn.

Doch trifft diese Vorstellung über den Mechanismus auch zu? Wenn wir unser Modell überprüfen wollen, geht dies nicht, ohne zahlreiche Annahmen zu treffen. Eine sei im Folgenden erläutert: In unserer Vorstellung können wir unterscheiden zwischen den Geschwindigkeiten, mit denen die einzelnen Spezies (Neutralteilchen oder Anion) die Membran durchqueren, und der Gesamtgeschwindigkeit, mit welcher der Zyklus Protonen durch die Membran transportiert.

Die Gesamtgeschwindigkeit muss stark vom pH-Wert abhängig sein, denn der pH-Wert bestimmt, ob der Entkoppler mit einem Proton gebunden oder als Anion vorliegt. Nur im pH-Bereich, in dem ungefähr gleich viele Entkoppler mit Proton gebunden vorliegen wie ohne, kann der beschriebene Mechanismus schnell ablaufen. Im Gegensatz dazu sollte die Geschwindigkeit, mit der die einzelnen Spezies die Membran durchtreten, unabhängig sein vom pH-Wert. Dies ist die Annahme, die wir treffen. Trifft sie zu, sollte die Zyklusgeschwindigkeit bei jedem pH-Wert beschrieben werden können durch die Konzentration der Spezies in der Membran und die beiden (konstanten) Geschwindigkeiten, mit denen die zwei Spezies die Membran durchtreten.

Für eine Auswahl von sieben Verbindungen haben wir bei verschiedenen pH-Werten die Entkopplungsaktivität, das heisst die Zyklusgeschwindigkeit, gemessen. In einer anderen Mess-Serie haben wir die Konzentrationen der beiden Spezies in der Membran bei verschiedenen pH-Werten bestimmt. Tatsächlich lässt sich für diese sieben Verbindungen jeweils ein Set von Spezies-Geschwindigkeiten berechnen, die bei allen pH-Werten gleich bleiben. Diese Berechnungen stützen unsere Vorstellung über den Ablauf der Entkopplung, und es eröffnen sich uns zwei wichtige Wege, die auf der Basis dieses Modells beruhen:

- Die berechneten Spezies-Geschwindigkeiten stellen wir uns als molekulare Eigenschaften des Entkopplers

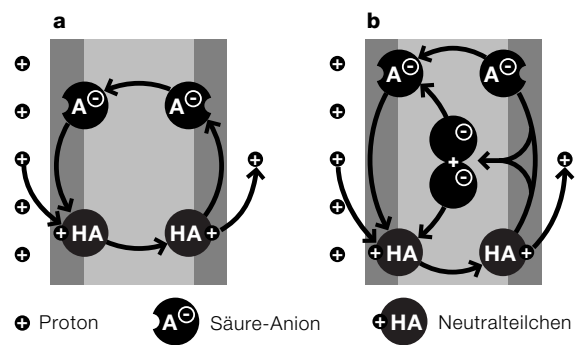


Abbildung: Vorstellung über den mechanistischen Ablauf des Protonentransportes. a: einfacher Zyklus; b: erweiterter Zyklus. Weitere Erläuterungen im Text.

vor. Sie sollten sich deshalb in Beziehung setzen lassen mit der Struktur der Verbindung. Kann diese Beziehung zwischen der Struktur und der Aktivität der Verbindung beschrieben werden, lassen sich auch Aktivitäten von Verbindungen aus ihrer Struktur vorhersagen, ohne dass sie aufwendig untersucht werden müssen.

- Das Modell beinhaltet für einen Teil der Verbindungen eine wichtige Ergänzung: Die Auswertung unserer Experimente zeigt, dass es für den Durchtritt durch die Membran von Vorteil ist, wenn Anion und ungeladene Spezies kurzzeitig assoziieren und gemeinsam die Membran durchtreten (Abbildung b). Doch es muss sich dabei nicht zwingend um Anion und ungeladene Spezies desselben Entkopplers handeln! Wenn ein Gemisch von zwei Verbindungen vorliegt, von denen bei gegebenem pH-Wert die eine vorwiegend als Anion, die andere vorwiegend in ungeladener Form vorliegt, kann man sich auch ein Zusammengehen dieser beiden Spezies vorstellen. Das heisst, in einem pH-Bereich, in dem beide Verbindungen einzeln nur noch schwache Aktivität zeigen, sollten sie gemeinsam eine verstärkte Aktivität aufweisen.

Untersuchungen von Mischungen mit zwei Verbindungen zeigen die postulierte Aktivitätsverstärkung. Diese Beobachtung ist ein wichtiger Beitrag in der Diskussion zur Frage, welche toxische Wirkung die komplexe Mischung von giftigen Verbindungen in der Umwelt hat. Addieren sich die Effekte der einzelnen Komponenten? Wirken die Verbindungen unabhängig voneinander? Oder kommt es zu einer Verstärkung der Effekte, mit anderen Worten, geht der Gesamteffekt über die Summe der Einzeleffekte hinaus? Unsere Beobachtungen zeigen, dass es am unmittelbaren Wirkort, in der Membran, zu einer solchen Effektverstärkung kommen kann. In unserer weiteren Arbeit geht es darum, Beziehungen zu formulieren, die den Zusammenhang zwischen Effekt am Wirkort und Effekt auf der Organismusebene beschreiben.



(Foto: Susi Lindig, Zürich)

Ökosystemforschung

Einfluss der Sedimentqualität auf die natürliche Fortpflanzung der Felchen im eutrophen Sempachersee

Barbara Fuchs, Mampasi Mbwenemo Bia, Ruth Stierli, Beat Müller, Rudolf Müller

Am Grund eutropher Seen sterben jedes Jahr Millionen von Felcheneiern an Sauerstoffmangel. Ziel dieser Untersuchung war es abzuklären, warum in gewissen Jahren ein kleiner Teil der Eier in der Uferzone überleben kann, während tiefer liegende Eier zugrunde gehen.

Die Erhaltung bzw. Wiederherstellung der natürlichen Fortpflanzung aller Fischarten im See ist ein wichtiges Ziel der Seensanierung. Felchen (*Coregonus* sp.) gehören zu jenen Fischarten, welche von den Auswirkungen der Eutrophierung unserer Seen besonders stark betroffen sind: Ihre Eier entwickeln sich am Seegrund, wo die

Sauerstoffkonzentration in eutrophen Seen meist ungenügend ist. Dies dürfte der Grund sein, warum in eutrophen Seen praktisch keine Felcheneier bis zum Schlüpfen der Brütlinge überleben, wie dies u.a. im Sempachersee jedes Jahr beobachtet wird.

Untersuchungen am Sempachersee im Frühjahr 1997 haben nun gezeigt, dass einzelne Felcheneier im seichten Uferbereich durchaus bis zum Schlüpfen der Brütlinge überleben können. Es war deshalb abzuklären, welche Rolle dabei die Wassertiefe, die Bodenbeschaffenheit und die Sauerstoffverteilung an der Sediment-Wasser-Grenzschicht spielen. Zu diesem Zweck wurden zu Beginn und gegen Ende der natürlichen Entwicklungsperiode der Felcheneier im See die Eidichte und der Anteil lebender Eier bestimmt. Die Sauerstoffkonzentration am Sediment wurde mit Mikroelektroden an Sedimentkernen gemessen.

Abbildung 1 zeigt, dass im Dezember 1997, d.h. gegen Ende der Felchenlaichzeit, hohe Eidichten bis in eine Tiefe von 10 m vorhanden waren, wobei der Anteil lebender Eier 50% oder mehr betrug. Tiefer als 10 m waren

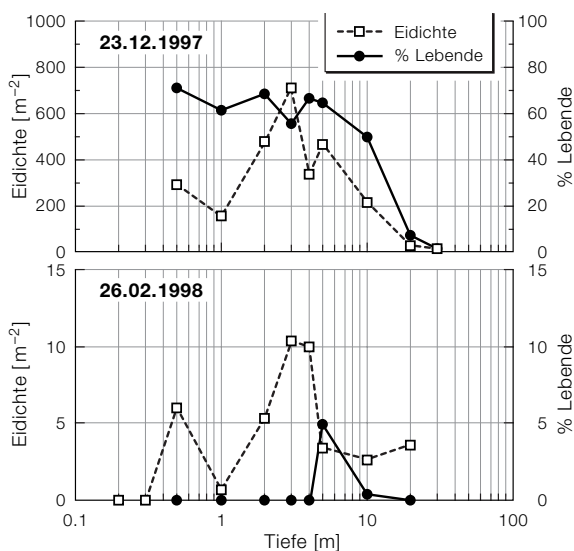


Abbildung 1: Eidichte und Anteil lebender Felcheneier im Sempachersee in Abhängigkeit von der Tiefe. Dauer der Eientwicklung von Mitte Dezember bis Ende Februar.

sowohl Eidichte als auch Anteil lebender Eier stets sehr gering. Gegen Ende der Entwicklungsperiode war dann die Eidichte auch im seichteren Bereich auf wenige Prozent des Anfangswerts gesunken und der Anteil lebender Eier war vernachlässigbar klein geworden.

Bekannte Gründe für die auch andernorts immer wieder beobachtete massive Abnahme der Eidichte sind insbesondere der Frass durch Fische und Wirbellose, ausserdem windbedingte Verdriftung und Eindeckung durch aufgewirbeltes Sediment (nicht 1997/1998!). Für das Absterben der auf dem Sediment liegenden Eier dürfte in erster Linie der steile Sauerstoffgradient verantwortlich

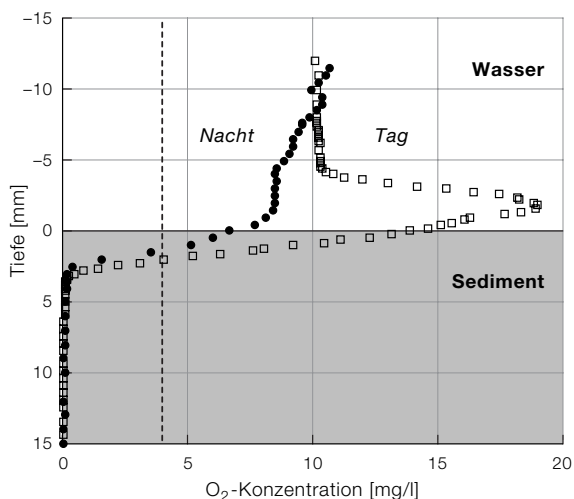


Abbildung 2: Sauerstoffprofile Sempachersee im Sediment-Wasser-Übergangsbereich, März 1998, Tiefe 3.5 m. Die gestrichelte Linie gibt den für Fische wichtigen Grenzwert von 4 mg/l an.

sein, wie er in Abbildung 2 ersichtlich ist. Eine Schwierigkeit bei den Messungen der Profile mit den Mikroelektroden besteht darin, dass die genaue Lage der Elektroden Spitze an der Sedimentoberfläche kaum festgestellt werden kann, da das Sediment im Millimeterbereich eine unregelmässige, flockig-höckerige Oberfläche aufweist, oft in Kombination mit einem Algenbelag. Ein Felchenei ist relativ schwer und sinkt etwas in das weiche Sediment ein, wodurch die Sauerstoffversorgung zusätzlich erschwert wird. Ein Felchenei dürfte also 1–2 mm tiefer im Sediment zu liegen kommen als die Lage der in Abbildung 2 angegebenen Oberfläche. Die in dieser Tiefe gemessene niedrige Sauerstoffkonzentration (<4 mg/l) ermöglicht aber keine normale Entwicklung des Embryos mehr, weshalb dieser im Verlaufe der Entwicklung abstirbt, trotz hoher Sauerstoffkonzentration 2 mm über dem Sediment. Im Gegensatz zum Frühjahr 1997 wurde die Situation 1998 zusätzlich verschlechtert durch einen relativ dicken Algenbelag auf dem Seegrund auch in der Uferzone, offenbar eine Folge des milden und windarmen Winters. Die Aktivität dieses Algenbelags zeigt sich im Sauerstoffprofil durch ein hohes Maximum am Tag und eine starke Zehrung in der Nacht, ein zusätzlicher Stress für die sauerstoffbedürftigen Felcheneier.

Die dargestellten Resultate bestätigen einmal mehr die Erkenntnis, wonach die natürliche Fortpflanzung der Felchen nur durch eine Senkung der Produktivität des Sees und nicht durch künstlichen Sauerstoffeintrag wiederhergestellt werden kann.

Modellierung der Sauerstoff-, Nährstoff- und Planktondynamik im Zürichsee

Martin Omlin, Peter Reichert (EAWAG);
Richard Forster (WVZ)

Zur Verbesserung des Verständnisses für die zeitliche Entwicklung der Sauerstoff-, Nährstoff- und Planktonkonzentrationen wurde ein mathematisches Modell für den Zürichsee entwickelt. Im Laufe der Modellentwicklung hat sich gezeigt, dass bei der Primärproduktion eine variable Stöchiometrie bezüglich des Phosphors notwendig ist. Zudem musste im Modell ein Prozess der Phosphoraufnahme der durch das Hypolimnion absinkenden organischen Partikel aufgenommen werden.

Die Wasserqualität des Zürichsees ist für die Wasserversorgung Zürich (WVZ) sehr wichtig, da ca. 70% des Trinkwassers der Region Zürich aus dem Zürichsee bezogen werden. Um Probleme mit der Rohwasserqualität aus dem See frühzeitig erkennen zu können, führt die WVZ ein Wasserqualitäts-Überwachungspro-

gramm durch. Das in Entwicklung stehende Seemodell soll die wesentlichen Prozesse, die zur Dynamik der Nährstoffe, des Sauerstoffs und des Planktons führen, quantitativ beschreiben. Im Moment liegt das Schwergewicht der Modellierung auf dem Verständnissgewinn für die im See ablaufenden Prozesse. Es ist jedoch geplant, die Prognoseeigenschaften des Modells zu untersuchen, um es in einer späteren Phase auch für Wasserqualitätsvorhersagen einsetzen zu können.

Das mathematische Modell zur Simulation der Plankton-, Sauerstoff- und Nährstoffdynamik (Phosphat, Ammonium und Nitrat) basiert auf horizontal gemittelten Konzentrationen, deren zeitliche Veränderung aufgrund der Effekte von vertikaler Mischung, Sedimentation, Zu- und Abflüssen sowie biochemischen Transformationsprozessen in der Wassersäule und den angrenzenden Sedimentschichten berechnet wird. Mit den drei Planktonklassen Blaualge *Oscillatoria rubescens*, restliche Algen und Zooplankton wurde versucht, den biologischen Teil des Modells möglichst einfach zu halten. Für das Zooplankton wurde eine konstante C:N:P-Zusammensetzung verwendet (Massenverhältnisse nach Redfield). Demgegenüber erwies es sich im Laufe der Modellentwicklung als notwendig, für die Photosynthese der Algen eine variable Stöchiometrie bezüglich des Phosphors einzuführen. Diese berücksichtigt, dass bei geringen Phosphatkonzentrationen im Wasser der Phosphorgehalt der neu wachsenden Algen kleiner ist. Zudem zeigte sich, dass ein Aufnahmeprozess von Phosphor an der Ober-

fläche der durch das Hypolimnion absinkenden organischen Partikel im Modell einzuführen war.

Die Abbildung illustriert die Notwendigkeit und den Einfluss dieser beiden Modellerweiterungen, indem simulierte Tiefenprofile für Nitrat und Phosphat im Juli 1988 (eine typische Sommersituation) für verschiedene Modellvarianten mit den Messungen der WVZ verglichen werden. In den obersten 15 m der Wassersäule, der photischen Zone mit genügend Licht für die Photosynthese der Algen, sind die Konzentrationen der Algennährstoffe Nitrat und Phosphat durch die hohe Algenproduktion sehr tief (die in die Biomasse eingebauten Nährstoffe werden durch Sedimentation aus diesem Bereich exportiert). Das Phosphat verschwindet in diesem Bereich sogar vollständig und ist daher für das Algenwachstum limitierend. Wegen dieser starken Phosphorlimitierung ist die Biomassenproduktion des Modells mit fixer Stöchiometrie (punktierter Kurve) stark eingeschränkt und es wird im Vergleich zu den Daten zu wenig Nitrat aus dem Epilimnion entfernt. Die Nitratelimination aus dem Epilimnion ist beim Modell mit variabler Stöchiometrie viel effizienter (gestrichelte Kurve), weil durch den kleineren Algenphosphorgehalt unter limitierenden Bedingungen mit der gleichen Phosphormenge mehr Biomasse produziert und damit mehr Nitrat eliminiert werden kann. Unabhängig von der Nährstoffaufnahme der Algen zeigt das gemessene Tiefenprofil der Phosphorkonzentration einen Rückgang auch unterhalb der photischen Zone bis in zirka 40 m Tiefe. Dies kann mit einem Phosphoraufnahmeprozess erklärt werden, wie er bei der Analyse der Partikelzusammensetzung von Sedimentfallen im Sempachersee beobachtet wurde (Resultate aus der Forschungsgruppe von René Gächter, EAWAG, 1995). Es wurde dort gezeigt, dass die Partikel beim Absinken durch das Hypolimnion mit anorganischem Phosphor angereichert wurden. Eisen- und manganreduzierende Bakterien können durch die Bildung von geeigneten Eisenoxidoberflächen zu diesem Phosphoradsorptionsprozess beitragen. Die Erweiterung des Modells mit einem Phosphoraufnahmeprozess auf absinkenden organischen Partikeln (durchgezogene Kurve) ermöglicht eine gute Übereinstimmung der Phosphorsimulationen mit den Messungen.

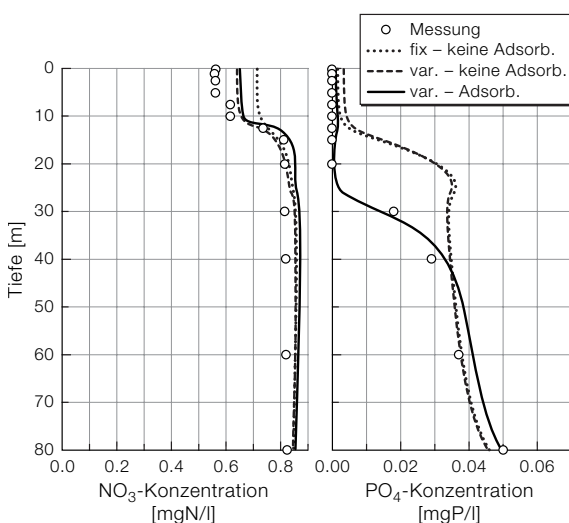


Abbildung: Effekte der Modellerweiterungen mit variabler Stöchiometrie und Phosphoradsorption auf die Simulation der Nitrat- und Phosphatprofile im Juli 1988. Verglichen werden die Messungen (Kreise) mit einem Modell mit fixer Stöchiometrie ohne Adsorption (punktierter Kurve), einem Modell mit variabler Stöchiometrie ohne Adsorption (gestrichelte Kurve) und mit Adsorption (durchgezogene Kurve). Weitere Erklärungen im Text.

Genetische Variation und klonale Diversität von Daphnien-Populationen im Greifensee

Piet Spaak, Lisa Eggenschwiler, Hansruedi Bürgi

Im Greifensee nehmen die Kleinkrebse Daphnia («Wasserflöhe») den wichtigsten Platz im Nahrungsnetz zwischen Primärproduzenten (Algen) und Fischen ein. Zwei Daph-



Abbildung 1: Ein *Daphnia galeata*-Weibchen mit 3 Embryos im Brutraum. Grösse ca. 1.2 mm. (Foto: Rob Hoekstra, Niederlande)

nia-Arten waren bisher in diesem See bekannt und Bastarde (Hybriden) wurden vermutet. Unsere Studie mit Hilfe von genetischen Methoden zeigt, dass im Greifensee vermutlich nur eine Daphnien-Art vorkommt, zusammen mit Hybriden und Rückkreuzungen. Die spezielle Fortpflanzungsweise von Daphnien könnte für diese Beobachtung eine Erklärung liefern.

In europäischen Seen findet man meistens Daphnien aus dem *Daphnia longispina*-Komplex. Zu diesem Komplex gehören auch die Arten *D. galeata* (Abbildung 1) und *D. hyalina*. Daphnien pflanzen sich normalerweise ungeschlechtlich fort (siehe Titelbild dieses Jahresberichtes). Das bedeutet, dass der Nachwuchs genetisch mit der Mutter identisch ist. Demzufolge besteht die *Daphnia*-Population eines Sees aus vielen genetisch identischen Klonen.

Verschlechtern sich die Lebensbedingungen (z.B. im Herbst bzw. im Mai bei Nahrungsmangel) werden Männchen gebildet und sexuelle Dauereier produziert. Diese Dauereier sinken ins Sediment und können im darauf folgenden Frühjahr schlüpfen. Während dieser sexuellen Phase können – wenn sich Männchen und Weibchen *verschiedener* Arten paaren – auch Hybriden produziert werden. Bei unserer Studie wollten wir wissen, ob und wie viele hybride Daphnien-Genotypen im Greifensee vorkommen. Insbesondere interessierte uns dabei die Frage, ob es auch zu Rückkreuzungen von Hybriden kommt. Die Resultate sollen einen Überblick über die räumlich-zeitliche Variation der genetischen Diversität geben.

Von Februar bis Juli 1998 wurde die *Daphnia*-Population im Greifensee zunächst monatlich und später wöchentlich untersucht. Mit Hilfe von genetischen Methoden (der Allozym-Elektrophorese) können Arten und Variation innerhalb von Arten differenziert werden. In dieser Studie wurden artspezifische Merkmale benutzt. Wenn ein Individuum artspezifische Merkmale von zwei Arten besitzt, ist es ein Hybrid. Aus dem Zahlenverhältnis der beiden Merkmale kann gefolgert werden, ob es sich um Hybriden oder Rückkreuzungen handelt.

Unsere ersten Ergebnisse (Abbildung 2) zeigen, dass im Greifensee die Hybriden zwischen *D. galeata* und *D. hyalina* mit 70 bis 90% am häufigsten vorkommen. Erstaunlicherweise zeigten nur 5% der untersuchten Tiere ein *D. hyalina*-Muster. Die genetische Diversität innerhalb der Hybriden war sehr hoch. Das bedeutet, dass es viele unterschiedliche hybride Klone gibt, wozu nicht nur *ein* Hybridisationsereignis (mit nachfolgender ungeschlechtlicher Fortpflanzung) vorausgegangen sein musste, sondern zahlreiche Sexualkontakte (→ Bildung von Dauereiern) nötig waren. Das muss jedoch nicht zwangsläufig in der vorherigen Saison gewesen sein. Aus Dauereiern können auch nach mehreren Jahren noch Jungtiere schlüpfen. Ausserdem transportieren Wasservögel solche Dauereier von einem See zum andern.

Abbildung 2 basiert auf einem artspezifischen Merkmal. Das bedeutet, dass der Nachwuchs von zwei gekreuzten Hybriden teilweise das *D. hyalina*-Muster haben wird. Zur Bestimmung der Wahrscheinlichkeit von Rückkreuzungen zwischen Hybriden untereinander bzw. mit Elternarten wurden die gleichen Individuen auf ein zweites artspezifisches Merkmal hin erneut untersucht. Jene Individuen, die bezüglich des ersten Merkmals als *D. hyalina* qualifiziert worden waren, zeigten alle für das zweite Merkmal

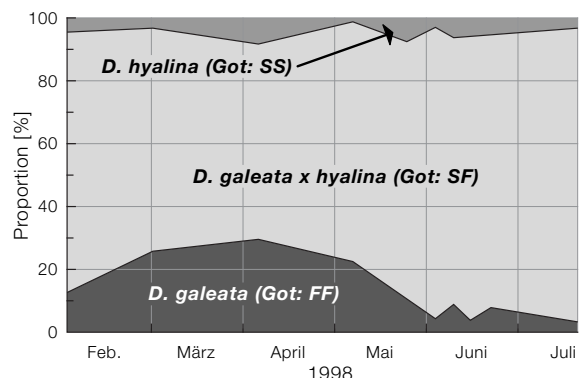


Abbildung 2: Prozentuale Anteile der beiden *Daphnia*-Arten und ihrer Hybriden (*D. galeata x hyalina*) an der Population (Unterscheidung der Taxa nach dem Allozym Got).

ein Hybrid-Muster, während die *D. galeata*-Individuen zum grössten Teil auch für das zweite Merkmal das *D. galeata*-Muster zeigten. Die meisten Hybriden zeigten für beide Merkmale hybride Muster.

Schlussfolgerungen: Im Greifensee scheint es die Art *Daphnia hyalina* gar nicht zu geben. Die Individuen, die wie *D. hyalina* aussehen, stellen Hybriden zwischen *D. galeata* und *D. hyalina* beziehungsweise Nachkommen aus Kreuzungen innerhalb dieser hybriden Gruppen dar.

Wenn es aber keine *D. hyalina* gibt, woher kommen dann diese Hybriden? Es kann sein, dass es früher (z.B. vor der Eutrophierung des Greifensees) *D. hyalina* gegeben hat und dass sich die Hybriden seit dieser Zeit im See halten konnten. Eine andere Möglichkeit beruht auf der «Flugpost» der Wasservögel, die in ihrem Gefieder Dauereier als «Mitbringsel» aus andern Gewässern eingetragen haben. Da die genetische Diversität innerhalb der Hybriden sehr hoch ist, kann diese Alternative nicht die *alleinige* Quelle von *D. hyalina*-Genen sein.

Wenn es gelingt, nicht geschlüpfte Dauereier von Daphnien aus älteren Sedimentschichten des Greifensees zur Keimung zu bringen, könnten mit der gleichen Technik die Genotypen früherer Populationen bestimmt werden. Sollten sich die Eier nicht mehr als keimfähig erweisen, so besteht immer noch die Möglichkeit, mit Hilfe der modernen molekulargenetischen Techniken DNA-Analysen vorzunehmen. So könnte man herausfinden, ob es früher im Greifensee *D. hyalina* gegeben hat und wann sie als reine Rasse verschwunden ist. Diese Arbeiten sind für die nächste Zukunft geplant.

Die räumliche Verteilung von Methanbakterien (methanogene Archaea) in anaeroben Seesedimenten

Kornelia Zepp Falz, Christof Holliger, Francisco Vazquez; Regine Grosskopf, Werner Liesack (MPI Marburg); Alla Nozhevnikova, Beat Müller, Bernhard Wehrl; Dittmar Hahn (ITÖ, Schlieren)

Methanbakterien führen in anaeroben Seesedimenten den letzten Abbauschritt von organischem Material durch. Sie setzen dabei hauptsächlich Acetat oder CO_2/H_2 als methanogene Substrate um. Im hier untersuchten Sediment werden beide Substratgruppen genutzt. Die dominierende Population ist durch Methanbakterien repräsentiert, die ausschliesslich Acetat verwerten und im gesamten untersuchten Tiefenprofil nachweisbar sind. Daneben konnte eine zweite, kleinere Population identifiziert werden, deren Vertreter aus

CO_2/H_2 Methan bilden und ausschliesslich in den ersten 2 cm des Sediments aktiv sind.

Für die hier dokumentierte Studie wurden Sediment und Sedimentporenwasser des Rotsees LU untersucht. Der Rotsee ist eutroph und weist während der Sommermonate eine stabile Schichtung auf, die in Wassertiefen ab 9 m zu anaeroben Bedingungen führt. Ein in 16 m Wassertiefe entnommener Sedimentkern wurde in 1–2 cm dicke Tranchen zerschnitten und diese dann für die *in situ*-Quantifizierung von Methanbakterien und die Messung von Methanproduktionsraten eingesetzt. Die Methanbakterien wurden unter Verwendung fluoreszierender Gensonden sichtbar gemacht und gezählt (Ganzzellhybridisierung). Die Methanproduktionsraten wurden nach der Inkubation von Sedimentproben mit ^{14}C -markierten Substraten bestimmt. Da chemische und physikalische Prozesse die Substratverfügbarkeit und somit die mikrobielle Aktivität beeinflussen, wurde zusätzlich eine chemische Analyse von Sedimentporenwasser durchgeführt.

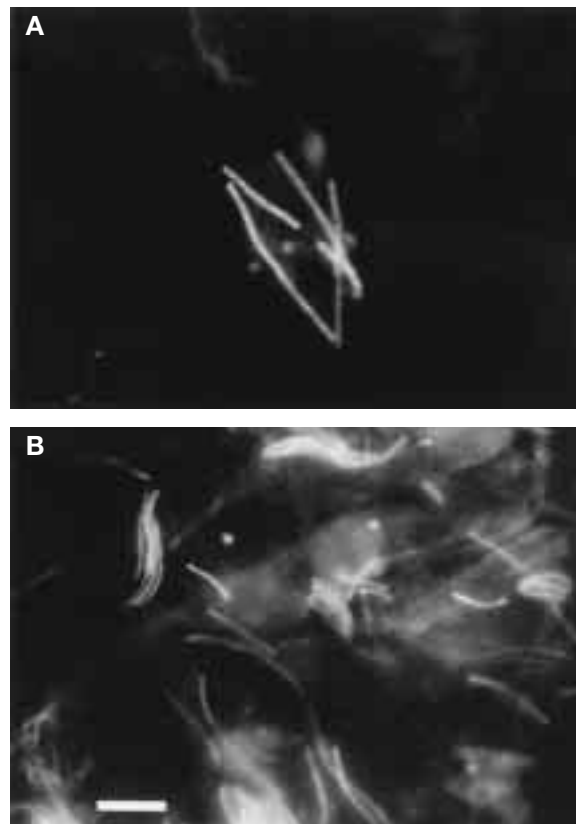


Abbildung: Sedimentproben des Rotsees wurden mit Hilfe der Ganzzellhybridisierung unter Verwendung fluoreszierender Gensonden analysiert. Dabei konnten zwei Populationen methanogener *Archaea* identifiziert werden.

A: Vertreter der dominanten Population,

B: solche der kleineren Population.

Der Balken entspricht 5 μm . (Foto: Kornelia Zepp Falz)

Im Folgenden sind die wichtigsten Ergebnisse kurz dargestellt. Die Methanproduktionsraten zeigten, dass zwei unterschiedliche Gruppen von Methanbakterien aktiv sind, da sowohl Acetat als auch CO_2/H_2 als Substrate genutzt wurden. Mit Hilfe der Ganzzellhybridisierung war eine separate Identifizierung und Quantifizierung von zwei methanogenen Populationen möglich, die diese unterschiedlichen Substratansprüche haben. Besonders interessant ist dabei ihr räumliches Verteilungsmuster. Die dominierende Population ist im gesamten untersuchten Tiefenprofil nachweisbar und wird von Vertretern der Gattung *Methanosaeta* gebildet (durchschnittlich 1.8×10^8 Zellen pro Gramm Sediment, Trockengewicht). *Methanosaeta* spp. verwerten ausschliesslich Acetat als methanogenes Substrat und haben eine stäbchenförmige Morphologie (siehe Abbildung A). Darüber hinaus ist eine kleinere Population methanogener *Archaea* ausschliesslich in den oberen 2 cm des Sediments aktiv (durchschnittlich 2.2×10^7 Zellen pro Gramm Sediment, Trockengewicht). Diese methanogenen *Archaea* sind mit endosymbiontischen Methanbakterien von Protozoen (*Plagiopyla nasuta*) verwandt und haben eine leicht gebogene Zellform (siehe Abbildung B). Symbiontische Methanbakterien setzen CO_2/H_2 zu Methan um.

Zusammenfassend gesehen unterstützen diese Ergebnisse die generelle These, Acetat sei das Hauptsubstrat der Methanbildung in Seesedimenten. Zusätzlich konnte eine Nische für methanogene CO_2/H_2 -Verwerter identifiziert werden. Zudem wurde zum ersten Mal ein Tiefenprofil zweier Gruppen methanogener *Archaea* in einem Seesediment erfasst und mit Methanproduktionsraten und chemischen Parametern korreliert.

Literatur

Zepp Falz, K., Holliger, C., Grosskopf, R., Liesack, W., Nozhevnikova, A., Müller, B., Wehrli, B., Hahn, D.: Vertical distribution of methanogens in the anoxic sediment of Rotsee (Switzerland). (Eingereicht bei Applied and Environmental Microbiology).

Wie wird die Wassertemperatur von Bergbächen durch die Wasserkraftnutzung beeinflusst?

Werner Meier, Cyrill Bonjour, Michael Schurter, Alfred Wüest, Peter Reichert

Die Wassertemperatur, welche durch Wasserentnahmen zur Stromproduktion erheblich beeinflusst werden kann, ist ein Schlüsselparameter für die Gewässerorganismen. Ein mit dem Simulationsprogramm AQUASIM durchgeführter Vergleich verschiedener Szenarien zeigt, dass Wassertemperaturen von steilen und beschatteten Bergbächen durch die Wasserkraftnutzung praktisch nicht

beeinflusst werden, während der Einfluss in flachen Bachabschnitten erheblich sein kann. Die Modellresultate werden für Bewertungen von Restwasserszenarien im Projekt Ökostrom (s. Leitartikel, S. 5ff.) verwendet.

Die Wasserkraftnutzung zur Erzeugung elektrischen Stroms stellt eine erneuerbare Energiequelle dar und ist daher grundsätzlich nachhaltig. Wasserentnahmen in alpinen Bächen führen jedoch zu Restwasserstrecken, welche meist kein oder nur wenig Wasser aufweisen. Dies führt zu Beeinträchtigungen der Bergbachökosysteme. Das Ziel des EAWAG-Projekts «Ökostrom» besteht darin, die Wasserkraftnutzung zu fördern und gleichzeitig umweltfreundlicher zu gestalten. Wasserkraftwerke, welche gewisse Mindestkriterien erfüllen, sollen ihren Strom als so genannten Ökostrom teurer verkaufen können.

Es ist äusserst schwierig, Verbesserungsmaßnahmen zur Verringerung der ökologischen Defizite zu bewerten. Meist sind die Auswirkungen der Wasserentnahmen nicht bekannt oder nur schwer vorhersagbar. Mit Computermodellen können komplizierte Systeme analysiert und ihr Verhalten unter veränderten Randbedingungen prognostiziert werden. Das Ziel dieses Projekts besteht darin, ein eindimensionales Fließgewässermodell zu entwickeln, mit welchem Prognosen für mittlere Fließgeschwindigkeiten, Wassertemperaturen, gelöste Stoffe und Schwebstoffe gemacht werden können. Das Modell wird für Bäche im Blenioal TI, der Untersuchungsregion des Projekts «Ökostrom», geeicht.

Ein Schlüsselparameter für die Gewässerorganismen ist die Wassertemperatur, welche durch die natürlichen Wärmeflüsse wie z.B. die Sonneneinstrahlung beeinflusst wird. Die Wasserentnahmen führen durch die Verkleinerung der Wassertiefe und der Fließgeschwindigkeit zu einer Veränderung der natürlichen Wassertemperaturen. Modellrechnungen mit dem an der EAWAG entwickelten Programm AQUASIM zeigen, dass durch eine Veränderung des Abflusses in steilen, beschatteten Fließstrecken die Wassertemperaturen nur minimal verändert werden. Dies ist auf den für diesen Fall dominierenden Einfluss der Reibung auf den Wärmehaushalt zurückzuführen. Am Flussbett und im Wasserkörper wird die Bewegung des Wassers in Reibungswärme umgewandelt. Die Erwärmung des Wassers hängt nur von der zurückgelegten Höhendifferenz und nicht von der fließenden Wassermenge ab.

Bei flachen, nicht beschatteten Strecken spielt die Reibungswärme nur eine untergeordnete Rolle. Hier dominieren andere Wärmeflüsse wie z.B. die kurzweilige Sonneneinstrahlung, die langweilige Wärmestrahlung und der Wärmeaustausch mit dem Sediment. Wird

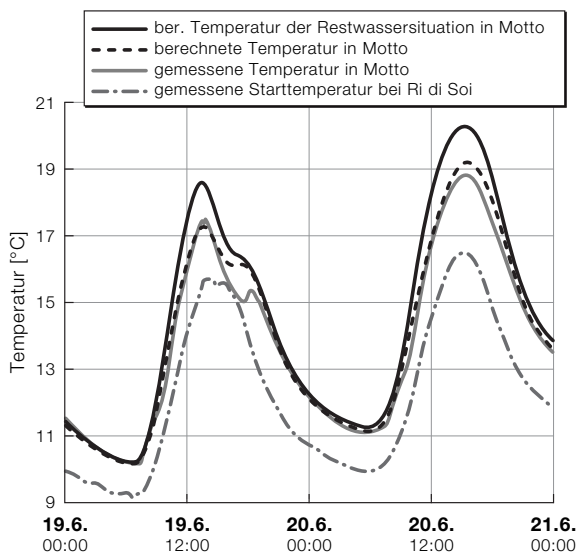


Abbildung: Zeitlicher Verlauf der gemessenen und berechneten Wassertemperaturen am Beginn (Ri di Soi) und am Ende (Motto) der untersuchten vier Kilometer langen Fließstrecke des Brenno vom 19. und 20. Juni 1998. Die angenommene Restwassermenge entspricht der Hälfte der gemessenen Abflussmenge.

auf einer solchen Strecke der Abfluss durch Wasserentnahmen verringert, führt dies im Sommer meist zu einer stärkeren Erhöhung der Wassertemperatur und im Winter oft zu einer grösseren Abkühlung des Bachwassers entlang der Fließstrecke. Beim Beispiel eines Bachabschnittes des Brenno zwischen Ri di Soi und Motto während einer Sommersituation werden die Wassertemperaturen bei einer Halbierung der Abflussmenge am Mittag um 1 °Celsius stärker erhöht (Abbildung).

Bakterielle und faunistische Gradienten im Flusssediment: Zur Rolle der Wechselwirkungen zwischen Grund- und Oberflächenwasser

Matthias Brunke, Tom Gonser

Die bakterielle und faunistische Besiedlung in Flusssedimenten wird massgeblich durch hydrologische Austauschprozesse zwischen Fließgewässer und Grundwasser beeinflusst. Infiltration von Flusswasser, Exfiltration von Grundwasser und horizontale Strömung im Sediment bestimmen den Nachschub an gelösten Nährstoffen, den Gehalt an anorganischem Feinsediment und den des partikulären organischen Materials. Alle diese Variablen wirken unmittelbar auf die bakterielle Dichte und Produktion sowie auf die faunistische Diversität im Sediment des hier untersuchten Fließgewässers, der Töss bei Winterthur.

Das System der Lücken in den Sedimenten unterhalb eines Fließgewässers ist gekennzeichnet durch vielfältige Gradienten im Übergang vom Fluss zum Grundwasser (Abbildung). Diese Gradienten resultieren aus mehreren Prozessen:

- aus den hydrologischen Strömungsmustern im Sediment und den unterschiedlichen Eigenschaften von Oberflächen- und Grundwasser;
- aus der Filtration von Substanzen im Sediment, aufgrund der Porenweite sowie physikalisch-chemischer Sorption;
- aus mikrobieller Transformation und der Umwandlung von toten organischen Partikeln durch Tiere.

Die Steilheit der abiotischen Gradienten wird im Wesentlichen durch die Art der hydrologischen Austauschprozesse bestimmt. In den oberen Sedimentschichten der Infiltrationszone ähnelten die physikochemischen Milieubedingungen denen in der Töss und zeigten eine hohe zeitliche Variabilität. Im Gegensatz dazu wurden die Bedingungen in der räumlich getrennten Exfiltrationszone mehr vom aufstossenden Grundwasser beeinflusst. Daher sind hier die Gradienten in den obersten Sedimentschichten am steilsten.

Die bakterielle Biomasse ist in Sedimentlagen am grössten, in denen eine Infiltration leicht abgeschwächt ist. Die bakterielle Produktion hingegen ist dort am höchsten, wo das einströmende Flusswasser am meisten wirkt. Vermutlich halten der Frassdruck der Tiere und/oder die hydraulischen Kräfte des Flusses die bakterielle Biomasse trotz starken Wachstums in den oberen Sedimentlagen gering, während in etwas tieferen Schichten die Nachlieferung von Nährstoffen ausreicht, um hohe Populationsdichten aufrecht zu erhalten. Modellrechnungen weisen darauf hin, dass die Bakterien zwei verschiedene Quellen des gelösten organischen Materials (DOM) nutzen: Bakterien, die anorganische Oberflächen besiedeln, nutzen mit dem Lückenwasser transportiertes DOM. Bakterien, die organische Oberflächen (z.B. Falllaub-Fragmente) besiedeln, profitieren zudem von DOM, das sich aus diesen Partikeln herauslöst. Insgesamt liess sich die bakterielle Dichte mit dem Gehalt an partikulärem Stickstoff, als einer leichter zu messenden Variablen, sinnvoll abschätzen.

Obwohl in den Sedimenten der Töss die Verteilung der Bakterien gut mit der Fauna korrelierte, müssen für die Modellvorstellungen der faunistischen Lebensgemeinschaften noch weitere Variablen mit einbezogen werden. Insbesondere kam dem Verhältnis von partikulärem organischem Kohlenstoff (POC) zu allen Feinpartikeln

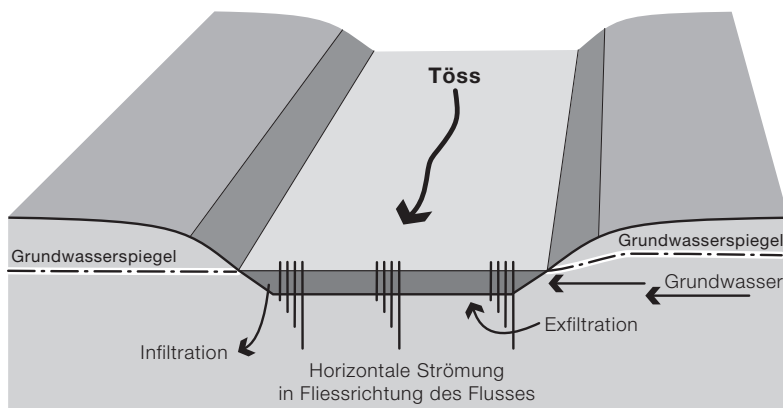


Abbildung: Schematische Darstellung der Untersuchungsstrecke in der Töss im Bereich von Infiltration von Flusswasser in das Sediment, horizontaler Strömung im Sediment und Exfiltration von Grundwasser in den Fluss. Die senkrechten Striche stellen die Positionen von Stahlröhren dar, die in vier verschiedenen Tiefen (20, 50, 100, 150 cm) in das Sediment installiert wurden.

<1 mm (**T**otal **F**ine **P**articles TFP) eine Schlüsselrolle zu. Allein mit dem POC/TFP liessen sich 61% der Variabilität in der faunistischen Besiedlungsdichte erklären. Auch die Artenvielfalt und die Struktur der Lebensgemeinschaft korrelierten mit dem POC/TFP. Dieser Befund weist darauf hin, dass eine höhere Menge der anorganischen Feinpartikel vermutlich die Verfügbarkeit des partikulären organischen Materials – die Nahrungsressource der Tiere – verringert. In einer notwendigerweise umfassenden Modellvorstellung setzt sich die lokale faunistische Besiedlung aufgrund artspezifischer Toleranzen gegenüber dem POC/TFP, dem Geschiebetrieb an der Gewässer- sohle, dem Frassdruck und der Konkurrenzstärke zusammen. Dadurch entwickeln sich faunistische Gradienten in der Übergangszone zwischen Fließgewässer und dem Grundwasser, die räumlich von der Art und Intensität der hydrologischen Strömungsmuster beeinflusst werden. So lässt sich z.B. die Variabilität des POC/TFP durch die Kopplung von Sedimenttiefe mit den Durchflussbedingungen zu über $\frac{2}{3}$ erklären.

Die Fließwege im Sediment sind daher aus ökologischer Sicht übergeordnete Vektoren, die abiotische Gradienten bestimmen und direkt wie auch indirekt (über die oben erwähnten Variablen) die bakterielle und faunistische Besiedlung beeinflussen.

Klima, Waldgrenze und hochalpine Kleinseen

André F. Lotter, Michael Sturm, Christian Ohlendorf, MitautorInnen*

Mit ihrer steilen Topographie bieten die Alpen auf kürzester Distanz immense Umweltgradienten. So ändert sich mit zunehmender Höhe über Meer nebst dem Klima (Temperatur, Niederschlag, UV-Strahlung etc.) auch die Vegetation grundlegend. Kleine Änderungen des Klimas wirken sich bei solch steilen Gradienten deutlich auf die

Höhe der Waldgrenze aus. Deshalb lassen sich Klima- veränderungen der Vergangenheit durch die Rekonstruktion von Waldgrenzschwankungen nachweisen.

Im Rahmen des nationalen Forschungsschwerpunkt- programms Umwelt (SPPU) werden in den Alpen Klima- veränderungen seit dem Ende der letzten Eiszeit (vor 15 000 Jahren) untersucht. Im Zusammenhang mit der Diskussion über den Treibhauseffekt und der damit erwarteten Erwärmung der Erde sollen diese Unter- suchungen Grundlagen dazu liefern, die Geschwindigkeit zu bestimmen, mit welcher Klimaveränderungen unter natürlichen Bedingungen ablaufen können, und wie dy- namisch und in welcher Form Vegetation und aquatische Ökosysteme in den Alpen auf solche Veränderungen reagieren.

Unsere Untersuchungen werden im Faulhorngebiet bei Grindelwald durchgeführt, weil dort kleine, anthropogen wenig beeinflusste Seen in verschiedener Höhenlage vorhanden sind. Es handelt sich um den Hinterburgsee (1530 m ü.M.) in der subalpinen Stufe (Fichtenwald), den Sägistalsee (1930 m ü.M.) an der heutigen Waldgrenze (Fichten und alpine Rasen) und den Bachsee (2265 m ü.M.) in der alpinen Stufe (alpine Rasen). Die aus diesen Seen entnommenen 10 und 15 m langen Sedimentkerne decken den Zeitbereich der letzten 15 000 Jahre ab. Ein interdisziplinäres Team der EAWAG, des Geobotanischen Instituts der Universität Bern, des Geophysikalischen Instituts der ETHZ sowie verschiedener Institute aus Deutschland, USA und Kanada sind damit beschäftigt, diese Sedimentarchive bezüglich biologischer Indikatoren wie Pollen, Pflanzenreste, Algen, Kleinkrebse und Mückenlarven sowie geophysikalischer und geochemischer Eigenschaften zu untersuchen.

Erste Ergebnisse zeigen, dass sich das Klima nach der letzten Eiszeit selbst in dieser Höhenlage rasch erwärmte und dass vor etwa 6000 bis 8000 Jahren die klima- günstigste Periode der Nacheiszeit herrschte. Am Bach-

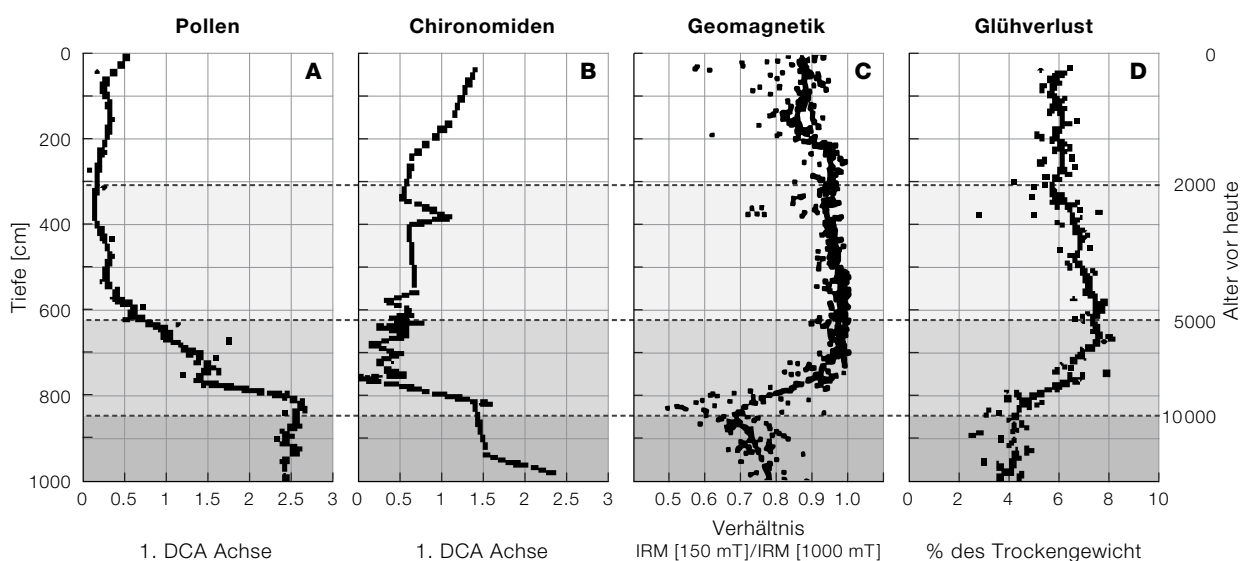


Abbildung: Vergleich der ersten DCA-Achsen (Erklärung im Text) von Pollen (A) und Chironomiden (B) mit der isothermalen remanenten Magnetisierung (IRM) (C) und dem Glühverlust bei 550 °C (D) der Bachsee-Sedimente. Die IRM gibt Aufschluss über die Art der magnetischen Mineralien, die im Sediment enthalten sind. Werte <1 weisen auf einen erhöhten Eintrag von magnetischen Mineralien aus wenig oder nicht verwittertem Gestein ohne (oder mit wenig) Bodenbildung hin. Der Glühverlust spiegelt den Anteil an organischem Material im Sediment wider. Die Altersangaben beziehen sich auf Radiokarbonjahre vor heute.

see konnte mittels Pollenanalyse gezeigt werden, dass seine Ablagerungen sogar bis in die Späteiszeit zurückgehen und damit zumindest dieser Teil der Alpen bis 2265 m ü.M. bereits vor mehr als 10 000 Jahren eisfrei war. Ebenso konnte gezeigt werden, dass die Pollenabfolge die klassische holozäne Gehölzsukzession des Mittellandes widerspiegelt und damit auf Ferntransport der Pollen hinweist, und dass es aufgrund der pflanzlichen Makroreste aus dem unmittelbaren Einzugsgebiet des Sees keine Anzeichen dafür gibt, dass die Waldgrenze je den See erreichte. Die früheren Bedingungen im See selbst konnten mit Hilfe von Chironomiden (Zuckmückenlarven) bestimmt werden. Während der letzten 10 000 Jahre dominierten kälteliebende, arktische und alpine Arten, ausser in einem kurzen Bereich des frühen Holozäns vor etwa 8000 Jahren, wo Chironomidenarten auftreten, die auf gemässigtere Temperaturen hinweisen. Der Vergleich der verschiedenen Biostratigrafien (Abbildung A, B) mit den geomagnetischen (Abbildung C) und sedimentologischen Analysen der Bachsee-Sedimente (Abbildung D) zeigt eine deutliche Synchronität der Reaktionen dieser voneinander unabhängigen Systeme auf Klimaveränderungen. Die Chironomiden- und die Pollenstratigrafie (Abbildung A, B) wurden mit Hilfe einer speziellen statistischen Analyse, der «detrended correspondence analysis» (DCA), ausgewertet. Die DCA erlaubt es, Bereiche im Sedimentkern zu ermitteln, in denen eine starke Veränderung der Artenzusammensetzung auftritt. Die Werte der ersten DCA-Achsen geben das Ausmass der biologischen Wechsel im Verlauf der Zeit wieder und zeigen, dass die Veränderungen der

überregionalen Tieflandvegetation grösser waren als jene der lokalen Chironomidenfauna. Die geomagnetischen Resultate geben Auskunft über die Intensität von Erosionsvorgängen im unmittelbaren Einzugsgebiet des Sees, während die Glühverlustkurve den Sedimentanteil widerspiegelt, welcher aus seeinterner Bioproduktion und erosivem Eintrag organischer Partikel stammt. Die beobachtete Gleichzeitigkeit dieser Wechsel, besonders zwischen 8000 und 9000 Jahren vor heute, in verschiedenen regionalen und lokalen Systemen im frühen Holozän beweist die Synchronität eines weiträumigen Klimawechsels.

Im Gegensatz zum immer waldfreien Bachsee waren die Einzugsgebiete des Sägistal- und des Hinterburgsees vor mehr als 8000 Jahren zuerst mit Arven, dann vor etwa 7500 Jahren mit Weisstannen und schliesslich vor 5000 Jahren mit Fichten bestockt. Es konnten zeitweise Absenkungen der Waldgrenze durch Abkühlungsphasen nachgewiesen und mit prähistorischen Gletscherhochständen sowie mit den im Grönlandeis festgestellten Klimaschwankungen korreliert werden.

Vor etwa 3500 Jahren kam es in den Sedimenten einerseits zu einer starken Abnahme der Pollen und Pflanzenreste von Bäumen und andererseits zu einem gehäuften Vorkommen von Holzkohlepartikeln durch den verstärkten Einfluss des bronzezeitlichen Menschen auf die Waldgrenzgehölze: Wälder der subalpinen Stufe wurden gerodet, um für Alpweiden genutzt werden zu können. Ab jener Zeit lassen sich klimatische und anthropogene

Veränderungen in den Sedimenten nur noch schwer auseinander halten, da sich das Signal der Rodungen und der damit verbundenen Bodenerosion meist sehr viel stärker abzeichnet als die natürliche Absenkung der Waldgrenze.

* MitautorInnen: *Botanisches Institut der Universität Bern*: Sonja Hausmann, Oliver Heiri, Jacqueline van Leeuwen, Daniel Siegrist, Lucia Wick; *EAWAG*: Ingrid Holderegger, Priska Inauen, Alois Zwysig; *Geophysikalisches Institut der ETH Zürich*: Ann Hirt, Luca Lanci; *Max-Planck-Institut für Limnologie, Plön, Deutschland*: Wolfgang Hofmann; *Okanagan University College, Kelowna, B.C., Canada*: Ian R. Walker; *Schweizer Rückversicherung, Zürich*: Gerry Lemcke.

Paläoniederschläge

Jürg Beer, Gerhard Wagner, Raimund Muscheler

Die Niederschlagsrate ist neben der Temperatur einer der wichtigsten Klimaparameter. Eisschilde und Gletscher stellen die einzigen Klimaarchive dar, die den Paläoniederschlag speichern. Anhand von Radionuklidmessungen (^{10}Be und ^{36}Cl) am GRIP-Eisbohrkern in Grönland konnte die Niederschlagsrate im Zeitbereich von 20 000 bis 60 000 Jahren vor heute rekonstruiert werden.

Der durch die Sonne angetriebene Wasserkreislauf sorgt ständig für Nachschub von Wasser, das als Niederschlag Flüsse, Seen und Grundwasserreservoir speist. Im Verlauf der Zeit ändert sich das Klima aufgrund natürlicher oder anthropogener Ursachen. Klimaänderungen können sich auf verschiedene Arten auf den Wasserkreislauf auswirken. Nicht nur die totale Menge und Intensität an Niederschlag kann sich ändern, sondern es ist auch mit Verschiebungen in der räumlichen und jahreszeitlichen



Abbildung 1: Mitten in Grönland auf 3240 Meter Höhe über Meer: Hier wurde im Rahmen des Europäischen Projektes GRIP zwischen 1990 und 1992 ein 3029 m langer Eiskern gebohrt, der die Niederschläge der letzten paar hunderttausend Jahre enthält. (Foto: Jürg Beer)

Verteilung zu rechnen sowie mit einer unterschiedlichen Verteilung zwischen Regen und Schnee. Klimaänderungen sind deshalb von grösster Bedeutung für das Süsswasservorkommen in einer Region.

Eisbohrkerne konservieren die Niederschläge der letzten paar hunderttausend Jahre und erlauben es deshalb, Zusammenhänge zwischen Klimaänderungen und Niederschlagsraten zu studieren. Allerdings ist dies nur mit gewissen Einschränkungen möglich. Zum einen sind Eisbohrkerne nicht überall vorhanden, sondern auf die Polkappen und hochalpine Gebiete beschränkt. Zum andern bedingt eine Rekonstruktion der Paläoniederschlagsrate eine möglichst genaue Kenntnis zwischen der Tiefe im Eisbohrkern und dem zugehörigen Alter. Dieser Zusammenhang zwischen Tiefe und Alter ist aufgrund des Fließverhaltens von Eis und anderen Faktoren nicht immer einfach zu bestimmen. Es ist deshalb wichtig, über verschiedene unabhängige Methoden zu verfügen, anhand deren sich die Niederschlagsrate rekonstruieren lässt.

Im Fall des GRIP-Eisbohrkerns (GRIP: Greenland Ice core Project, s. Abbildung 1) wurde zur Rekonstruktion der Paläoniederschlagsrate eine Methode verwendet, die auf dem Zusammenhang zwischen Niederschlag und Temperatur, ausgedrückt durch das Isotopenverhältnis $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, beruht. Zuerst wurden die einzelnen Jahreslagen gezählt, indem man die saisonalen Schwankungen von Parametern wie $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ und Staubkonzentration verwendete. Dies ist allerdings nur möglich bis etwa 20 000 Jahre vor heute, weil infolge von Diffusionsprozessen das ^{18}O -Signal langsam verschmiert und die einzelnen Jahreschichten so dünn werden, dass eine genaue Zählung nicht mehr durchführbar ist. Anschliessend wurden die Dicken der identifizierten Jahresschichten mit Hilfe eines Eisflussmodells auf ihre ursprünglichen Werte zurückgerechnet. Ein Vergleich dieser so bestimmten Paläoniederschlagsraten mit den zugehörigen $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ -Verhältnissen ergab einen Zusammenhang, der sich recht gut durch eine Exponentialfunktion beschreiben lässt. Basierend auf diesem empirischen Zusammenhang wurden dann aus den gemessenen $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ -Verhältnissen die Niederschlagsraten für den älteren Bereich bis ca. 100 000 Jahre vor heute berechnet.

Die neue Methode, die von Gerhard Wagner im Rahmen seiner Dissertation entwickelt wurde, beruht dagegen auf einem völlig anderen Ansatz. Sie geht davon aus, dass der grossräumige Fluss von kosmogenen Radionukliden wie ^{10}Be und ^{36}Cl ins Eis proportional zur mittleren globalen Produktion dieser Nuklide in der Atmosphäre ist. Dieser Fluss F ist durch die folgende einfache Beziehung mit der Niederschlagsrate N und der Nuklidkonzentration K im Eis verknüpft: $F = N \cdot K$.

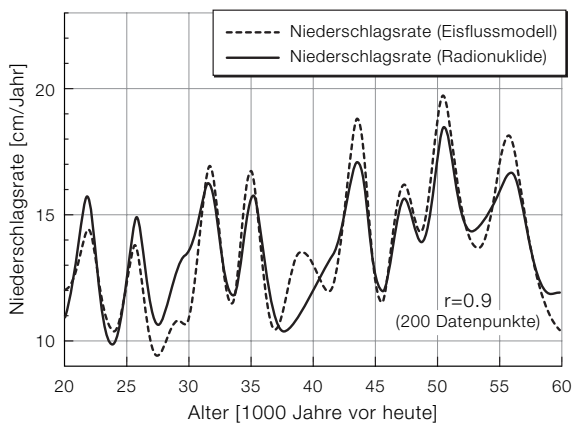


Abbildung 2: Rekonstruktion des Paläoniederschlags in Grönland mittels zweier verschiedener Methoden.

Dies bedeutet, dass die Niederschlagsrate N berechnet werden kann, falls F und K bekannt sind. K wird gemessen und F kann aus der Kenntnis des Geomagnetfeldes abgeschätzt werden. Die Abbildung 2 zeigt für den Zeitbereich 20 000 bis 60 000 Jahre vor heute die Paläoniederschlagsraten für Zentralgrönland, die mittels der beiden Methoden bestimmt wurden. Beide Methoden zeigen in guter Übereinstimmung Änderungen der Niederschlagsrate um rund einen Faktor zwei. Während kalter Phasen ist die Niederschlagsrate aufgrund eines reduzierten globalen Wasserkreislaufes erwartungsgemäss klein, wogegen in warmen Phasen infolge einer erhöhten Verdunstungsrate die Niederschlagsrate grösser ist.

Der Vorteil der neuen Methode besteht darin, dass sie unabhängig von den mit Unsicherheiten behafteten Eisflussmodellrechnungen ist. Andererseits bestehen gewisse Unsicherheiten in der Annahme, dass der Fluss zu jeder Zeit proportional zur mittleren globalen Produktion war.

Da sich die beiden Methoden aber bestätigen (s. Abbildung 2), ergibt sich ein konsistentes Bild der Niederschlagsrate in Grönland im Zeitbereich von 20 000 bis 60 000 Jahre vor heute.

Klimainformationen aus sehr altem australischem Grundwasser

Werner Aeschbach-Hertig, Urs Beyerle, Rolf Kipfer, Dieter Imboden

Edelgaskonzentrationen im Grundwasser des australischen Great Artesian Basin belegen nicht nur, dass das Wasser bis zu 400 000 Jahre alt ist, sondern zeigen auch,

dass die Jahresmitteltemperaturen in diesem Zeitraum um rund $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ geschwankt haben. Diese internationale Studie erbrachte die erstmalige erfolgreiche Anwendung von Krypton-81 zur Datierung von Grundwasser sowie die erste Serie von Edelgastemperaturen, die mehrere eiszeitliche Zyklen umfasst.

In verschiedenen Studien der letzten zwei Jahrzehnte konnte gezeigt werden, dass sich aus Edelgaskonzentrationen im Grundwasser Jahresmitteltemperaturen bis zurück in die letzte Eiszeit rekonstruieren lassen. Damit kann diese Methode einen wichtigen Beitrag zur Klimaforschung leisten. Im Zeitbereich bis ca. 30 000 Jahre vor heute kann die etablierte ^{14}C -Methode zur Datierung von Grundwasser verwendet werden. Bei wesentlich älterem Grundwasser ist nicht nur die Datierung problematisch, es stellt sich auch die Frage, ob nicht sämtliche Signale vergangener Klimaschwankungen infolge von Mischungsprozessen im Grundwasser verwischt worden sind.

Ein internationales Projekt in Australien bot jetzt die einmalige Gelegenheit, beide Fragen anzugehen. Das Great Artesian Basin (GAB) beherbergt sehr altes Wasser im grössten artesischen Grundwassersystem der Welt (Abbildung 1). Einem Team von Wissenschaftlern aus Österreich, der Schweiz (Universität Bern) und den USA gelang es, erstmals das Edelgasisotop ^{81}Kr zur Datierung von Grundwasser aus dem GAB einzusetzen. Mit grossem Aufwand konnten vier Proben auf Alter zwischen 200 000 und 400 000 Jahren datiert werden. Gleichzeitig konnte unsere Gruppe an 13 Proben die Konzentrationen aller Edelgase bestimmen.

Unsere Messungen ergaben sehr hohe Gehalte an Helium, in guter Übereinstimmung mit dem hohen Alter des Grundwassers. Die Akkumulation von Helium aus



Abbildung 1: Die Lage des GAB in Australien (schraffiert) sowie des Untersuchungsgebietes innerhalb des GAB (schwarz).

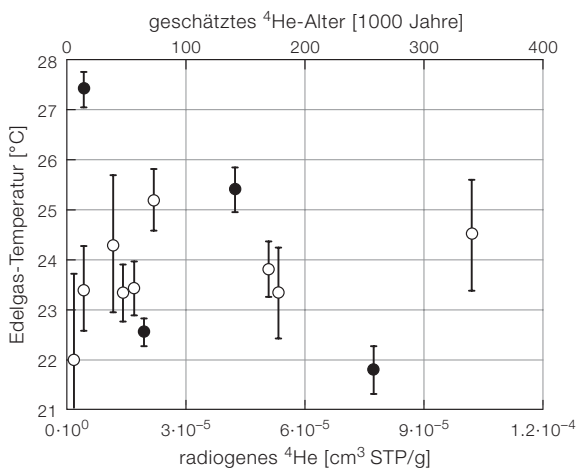


Abbildung 2: Edelgastemperaturen als Funktion der Konzentration von radiogenem ^4He bzw. des daraus abgeschätzten Alters des Grundwassers (das ^4He wird bei radioaktiven Zerfällen in der Erdkruste gebildet und sammelt sich mit der Zeit im Grundwasser an). Offene Symbole bezeichnen Proben, bei denen eine zusätzliche Korrektur angewandt werden musste, um Edelgastemperaturen zu berechnen. (STP = standard temperature and pressure).

radioaktiven Zerfallsprozessen in der Erdkruste erlaubt meist nur eine grobe Abschätzung des Alters, da die Akkumulationsrate nicht konstant ist. In diesem Fall können jedoch bereits publizierte Akkumulationsraten für das GAB herangezogen werden, womit sich ebenfalls Alter von einigen hunderttausend Jahren ergeben (siehe Abbildung 2).

Ein Teil der Proben zeigt trotz der hohen Alter einwandfreie Signaturen der weiteren Edelgase Ne, Ar, Kr und Xe, aus denen sich die Temperatur zum Zeitpunkt der Infiltration berechnen lässt. Die übrigen Proben weichen etwas vom idealen Konzentrationsmuster ab, was sich jedoch mit verschiedenen Korrekturmodellen beschreiben lässt. Die berechneten Edelgastemperaturen liegen zwischen 22 und 27 °C, wobei der lokale Zusammenhang mit der mittleren Lufttemperatur, die heute bei rund 22 °C liegt, noch zu klären bleibt. Da die ^{81}Kr -Datierungen nur für vier Proben vorliegen und auch die Auswertung einiger Edelgasresultate noch zur Diskussion steht, ist es für endgültige Schlussfolgerungen zu früh. Es scheint jedoch, dass die Daten mehrere Eiszeit-Warmzeit-Zyklen widerspiegeln (siehe Abbildung 2).

Die Daten aus dem GAB zeigen mithin, dass der Zeithorizont des Klima-Archivs Grundwasser im Prinzip auf einige hunderttausend Jahre ausgedehnt werden kann. Zudem belegen sie, dass im Verlauf der letzten Jahrtausende auch im subtropischen Australien Klimavariationen in der Grössenordnung von 5 °C vorgekommen sind.

Tiefenwasseraustausch im Kaspischen Meer und seine mögliche Kopplung mit der atmosphärischen Zirkulation im Atlantik

Rolf Kipfer, Frank Peeters, Dieter Imboden

Wie Tracermessungen zeigen, wurde in der Vergangenheit das Wasser des Kaspischen Meeres unterhalb von 200 m Tiefe innert 15 Jahren erneuert. Seit 1977 ist der Meeresspiegel des Kaspischen Meeres kontinuierlich angestiegen. Die verstärkten Frischwassereinträge ins Oberflächenwasser haben die Voraussetzungen für grossskaligen vertikalen Wasseraustausch unterbunden. Damit ist zu befürchten, dass sich in rund 8 Jahren anoxische Bedingungen im Tiefenwasser einstellen könnten.

Der Meeresspiegel des Kaspischen Meeres, des weltweit grössten und gleichzeitig abflusslosen Binnenengewässers, hat in der Vergangenheit stark variiert. So waren während der letzten Eiszeit das Kaspische Meer, der Aralsee und das Schwarze Meer miteinander verbunden. Die Meeresspiegel-Fluktuationen spiegeln die atmosphärischen Zirkulationsverhältnisse im Nordatlantik wider (Rodionov, 1994). Ausgeprägte Druckunterschiede zwischen dem Azoren-Hoch und dem Island-Tief führen trockene Luft ins Einzugsgebiet des Kaspischen Meeres, so dass weniger Niederschläge niedergehen und daher der Meeresspiegel fällt (zonale Zirkulation). Umgekehrt steigt der Meeresspiegel des Kaspischen Meeres bei schwach ausgeprägten atlantischen Druckgradienten an (meridionale Zirkulation). Ab 1880 dominierte im Atlantik für rund ein Jahrhundert die zonale Zirkulation und der Meeresspiegel fiel. In den letzten 20 Jahren ist hauptsächlich die meridionale Zirkulation aktiv. Als Folge steigt

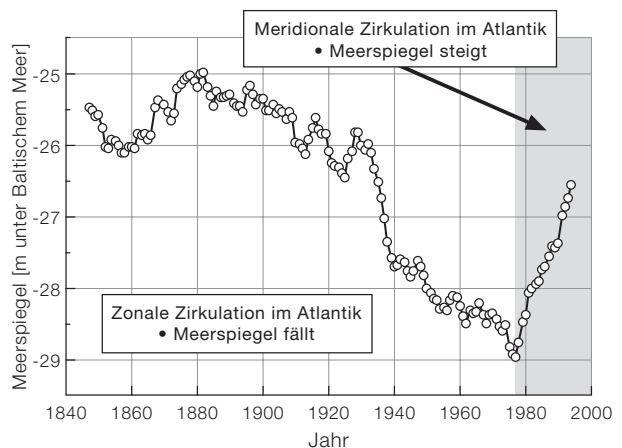


Abbildung 1: Spiegelschwankungen des abflusslosen Kaspischen Meeres seit rund 150 Jahren. Die Meeresspiegelstände werden massgeblich durch die atmosphärische Zirkulation im Atlantik beeinflusst (Erklärungen im Text).

der Seespiegel des Kaspischen Meeres seit 1977 kontinuierlich an (Abbildung 1).

Die durch den Anstieg hervorgerufenen massiven wirtschaftlichen Schäden veranlassten die Anrainerstaaten, die internationale Gemeinschaft, vertreten durch die UNO-Organisation International Atomic Energy Agency (IAEA, Wien), um wissenschaftliche Unterstützung zu bitten. Das so initiierte IAEA-Programm soll die Hintergründe für den Meeresspiegelanstieg sowie dessen mögliche Auswirkungen auf die Dynamik und Ökologie des Meeres erforschen. In diesem Zusammenhang wurde die Abteilung Umweltphysik der EAWAG/ETH von der IAEA angefragt, ihre Expertise in physikalischer Limnologie einzubringen.

Unsere Messungen von Spurenstoffen im Kaspischen Meer zeigen, dass das gesamte Tiefenwasser im Mittel- (800 m tief) und im Südbecken (1025 m tief) unterhalb 200 m Tiefe innerhalb von 15 Jahren durch saisonal gemischtes Oberflächenwasser ersetzt wird.

Ein solch rascher Austausch kann nur durch grossskalige konvektive Prozesse erfolgen. Während der beiden Messkampagnen im Herbst 1995 und 1996 wurden allerdings keine direkten Hinweise auf grossskalige Mischungsereignisse gefunden. Zwar liess sich ein gewisser vertikaler Austausch in der Nähe der Schwelle zwischen den beiden tiefen Becken nachweisen, doch der Wassertransport blieb auf das südliche Becken beschränkt und reichte lediglich bis etwa 400 m. Dies legt nahe, dass der grossskalige Tiefenwasseraustausch im Kaspischen Meer nur sporadisch stattfindet.

Aus Tracerdaten lassen sich Wasseralter ableiten, welche angeben, wann der Wasserkörper zum letzten Mal im Gasaustausch mit der Atmosphäre stand. Unterhalb von 500 m Tiefe liegen die Wasseralter im Kaspischen Meer alle im Bereich von 25 Jahren (Abbildung 2). Am einfachsten lassen sich diese Alter durch ein einzelnes aussergewöhnlich starkes Mischungsereignis erklären, das um das Jahr 1977 das Tiefenwasser in beiden tiefen Becken mehr oder weniger vollständig erneuerte und die Wasseralter auf etwa 5 Jahre zurücksetzte.

Der für den steigenden Meeresspiegel verantwortliche verstärkte Frischwassereintrag ins Oberflächenwasser des Kaspischen Meeres hat die Bedingungen für das Auftreten grossskaliger vertikaler Mischung seit 1977 zusehends verschlechtert, da der Salzgehalt und damit die Dichte des Oberflächenwassers kontinuierlich abgenommen haben.

Falls der Meeresspiegel weiterhin ansteigt und damit der Tiefenwasseraustausch unterbunden bleibt, besteht die Gefahr, dass die heute bereits sehr niedrigen Konzentrationen von gelöstem Sauerstoff im Tiefenwasser (<3 mg/l) sich weiter verringern. Setzt sich dieser Trend fort, wird sich im Tiefenwasser innert 8 Jahren Anoxie ausbreiten und das gesamte Ökosystem wird empfindlich gestört.

Literatur

Kosarev, A.N., Yablonskaya E.A.: The Caspian Sea. SPB Academic Publishing, The Hague, Netherlands 1994.

Rodionov, S.: Global and regional climate interaction: the Caspian Sea experience. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands 1994.

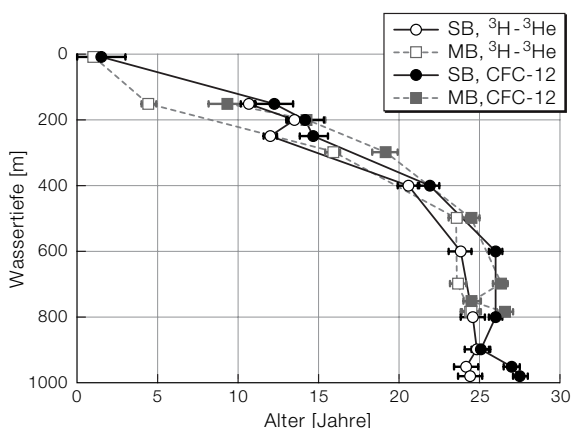


Abbildung 2: Wasseralter im Kaspischen Meer. Alle transienten Tracersysteme (Chlorkohlenwasserstoffe: CFC-11, CFC-12, Tritium- ^3He) liefern konsistente Wasseralter im Bereich von 20 Jahren für das Tiefenwasser im Mittel- (MB) und im Südbecken (SB) des Kaspischen Meeres (vgl. Text). 1977 wurden im Tiefenwasser des Mittelbeckens Sauerstoffkonzentrationen nahe der Sättigung (etwa 80%) gemessen (Kosarev & Yablonskaya, 1994).



(Foto: Susi Lindig, Zürich)

Umwelt und Gesellschaft

Selbsthilfe der Bevölkerung – Alternative Abfallentsorgungssysteme im Süden

Christian Zurbrügg, Roland Schertenleib

Die Problematik der unzureichenden Abfallentsorgungssysteme der rasch wachsenden Städte in Entwicklungsländern wird immer kritischer. Dieser Beitrag beschreibt die Ergebnisse zweier Pilotprojekte zur alternativen Abfallentsorgung in Wohnvierteln mit tiefer Einkommensstruktur, in Karachi, Pakistan, und in Yogyakarta, Indonesien.

Viele Städte in Entwicklungsländern sind gekennzeichnet durch eine rasche, unkontrollierte Urbanisierung. Die städtischen Behörden sind meist nicht in der Lage, flächendeckend den Abfall der Stadt einzusammeln. Ohne Einsammlung bleibt der Abfall in den Strassen liegen, wird in Flüssen oder Entwässerungskanälen abgelagert oder im Quartier verbrannt. Neben einer erhöhten Über-

tragung von Infektionskrankheiten führt dies auch zu einer erhöhten Belastung von Luft, Boden und Gewässern. Die Leidtragenden eines solchen Zustandes sind vor allem die Armen in schlecht erschlossenen Elendsvierteln und in städtischen Randgebieten. Oft ist die Selbsthilfe der Quartierbevölkerung bei Aufbau und Organisation der Abfalleinsammlung die einzige Möglichkeit, eine Verbesserung dieses Zustandes zu bewirken.

Frühere Untersuchungen haben gezeigt, dass das Bewusstsein der beteiligten Bevölkerung für den Erfolg eines auf Selbsthilfe basierenden Abfalleinsammlungssystems entscheidend ist [1]. Die wichtigsten Faktoren dieser Bewusstseinsbildung wurden zusammen mit der lokalen Nichtregierungsorganisation «Association for Protection of Environment» (APE) in einem Quartier in Karachi näher untersucht. Die Erfahrungen aus diesem Projekt haben gezeigt, dass bei Informationskampagnen nicht nur auf die Abfallentsorgung, sondern auf alle Aspekte der Siedlungshygiene eingegangen werden muss. Wichtigstes Kommunikationsmittel waren Quartiersversammlungen, die nach der ethnischen Zugehörigkeit und geschlechtsspezifisch durchgeführt wurden. Erst nachdem die Bewohner die hygienischen Mängel in ihrem



Abbildung: Die Technologie richtet sich nach den Bedürfnissen und finanziellen Möglichkeiten der Bevölkerung. Hier die Abfalleinsammlung mit Schubkarren im Shah-Rasool-Quartier in Karachi, Pakistan. (Foto: Rehan Ahmed, Karachi)

Quartier erkannten und sich um eine verbesserte Abfallentsorgung kümmern wollten, wurde die Informationskampagne auf Abfallfragen fokussiert. In allen Phasen des Projektes wurde insbesondere auf ein Mitbestimmungsrecht der Bewohner Wert gelegt. Hauptresultate des Projekts sind neben den gesammelten Erfahrungen ein verstärktes Gesundheits- und Gemeinschaftsbewusstsein der Bewohner und eine funktionierende, selbst verwaltete und selbst finanzierte Abfalleinsammlung, bei der Hausmüll täglich mit Schubkarren eingesammelt wird (Abbildung).

Ein weiteres Pilotprojekt befasst sich mit den Möglichkeiten der Abfallwiederverwertung im Rahmen einer bestehenden quartierverwalteten Abfalleinsammlung in Yogyakarta. Insbesondere geht es dabei um die dezentrale Kompostierung und Wiederverwertung des organischen Anteils, der in Entwicklungsländern oft mehr als die Hälfte des anfallenden Abfalls ausmacht. Im Rahmen des Projektes wurde in Quartiernähe ein Standort ausgesucht, wo die Mülleinsammler den Abfall sortieren und die organischen Bestandteile kompostieren. Nach lediglich zwei Monaten ist der Kompost reif und bereit für den Verkauf. Da die mineralischen Düngemittel vom Staat subventioniert werden, ist die Anwendung von Kompost finanziell benachteiligt und dessen Absatzmöglichkeiten sind entsprechend beschränkt. Dabei muss in einem ökonomischen Gesamtvergleich durch das Gemeinwesen mit berücksichtigt werden, dass durch die dezentrale Kompostierung die Abfallmenge und damit die Kosten für Transport und Deponie massgebend reduziert werden. Dazu kommt der ökologische Nutzen, dass durch die Wiederverwertung des Kompostes die Nährstoffkreisläufe weitgehend geschlossen werden können im Sinne einer nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung. Auch in diesem Projekt erwies sich im Übrigen die Sen-

sibilisierung und Information der Bevölkerung über die Vorteile der Kompostanwendung als wichtig. Wie die Kompostierung optimal in ein städtisches Abfallentsorgungssystem eingegliedert werden kann, wird auch in der Zukunft ein wichtiger Forschungsaspekt sein.

Literatur

- [1] Pfammatter, R., Schertenleib, R.: Non-governmental refuse collection in low-income urban areas, lessons learned from selected schemes, SANDEC Report No. 1, EAWAG, Dübendorf 1996.

Akteurmodell Wasserversorgung

Donald Tillman, Tove A. Larsen, Claudia Pahl-Wostl, Willi Gujer

Verbraucher, Politiker, Wasserversorgungsbetreiber, Ingenieure und der Staat sind einige der Akteure der Trinkwasserversorgung und prägen stark deren Entwicklung. Zurzeit entwickelt die EAWAG eine Methodik, welche die verschiedenen Ziele, Interessen und Handlungsmuster dieser Akteure ergründet und in einem Computermodell darstellt. Das Modell soll helfen, Engpässe in der zukünftigen Entwicklung der Wasserversorgung erkennen zu können.

Die Trinkwasserversorgung hat in den letzten 100 Jahren einen wichtigen Grundstein der heutigen Lebensqualität gelegt. Die Regeln der Ingenieurkunst, mit welchen die Infrastruktur des Systems Wasserversorgung gebaut wurde, und die Regeln des Managements, mit welchen das System betrieben wird, haben sich bis anhin bewährt. Der Entwicklung liegt eine Strategie zugrunde, welche sich aus der Kombination der Interessen und Ziele der Akteure, des Umfeldes (politische Stabilität,

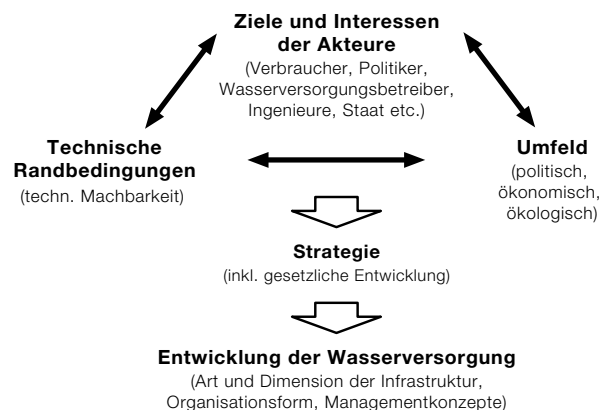


Abbildung 1: Die Ziele und Interessen der verschiedenen Akteure beeinflussen massgeblich, wie sich das System der Wasserversorgung entwickelt.

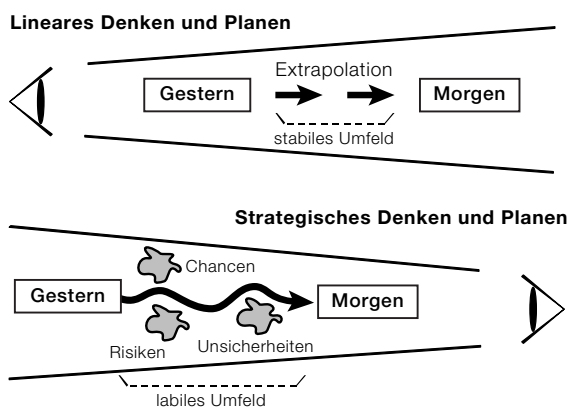


Abbildung 2: Während in der Vergangenheit das generelle Wachstum und die stabilen politischen Verhältnisse oft zu einem auf Extrapolation basierendem linearen Denken und Planen geführt haben, muss in der Zukunft aufgrund des komplexer werdenden Umfeldes vermehrt der Weg zum strategischen Denken gefunden werden (modifiziert aus Krüger, 1998).

ökonomische Wohlfahrt, ökologische Situation) und der technischen Randbedingungen (was technisch machbar ist) herausgeschält hat (Abbildung 1). Die bestimmenden Kräfte dabei sind die Akteure: Sie können die technischen Randbedingungen (durch Forschung) und das Umfeld (durch Gesetze) beeinflussen und in die ihren Zielen entsprechende Richtung lenken.

Während sich in vergangenen Jahren die Wasserversorgungsbetriebe in einem stabilen Umfeld entwickeln konnten, sind sie heute zunehmend den Einflüssen eines komplexer werdenden, sich verhältnismässig rasch ändernden Umfeldes ausgesetzt. So hinterfragt heute eine kritische «öffentliche Meinung» zum Beispiel die Wasserpreise und ist skeptisch gegenüber deren Erhöhungen. Auch die Organisationsform wird im Zeichen der Privatisierungswelle überprüft und löst Dynamik aus. Zudem vermindern der sinkende Wasserverbrauch der Industrie und der Bürger und Bürgerinnen sowie die Regenwassernutzung die Einnahmen der Wasserversorgungsunternehmen, obwohl die Aufgabe der Werterhaltung der Infrastruktur die Finanzen erheblich belastet. Trotzdem ist die für diese Herausforderungen nötige unternehmerische Flexibilität eingeschränkt, weil sich sowohl die kapitalintensive Infrastruktur mit langer Lebenserwartung als auch die existierenden gesetzlichen Auflagen nur mit tragem Rhythmus anpassen lassen.

Es stellt sich die Frage, wie die in der Vergangenheit etablierten Strategien angepasst werden müssen, um diese Entwicklungen aufzufangen. Während früher aufgrund des konstanten Wirtschaftswachstums oft ein lineares Denken in kontinuierlichen Programmen die Entwicklung beeinflusst hat, muss heute die Strategie

mit dem Morgen, mit der Vision, beginnen und von diesem Blickpunkt her den kritischen Weg in die Zukunft definieren (Abbildung 2).

Vor diesem Hintergrund wird eine Methodik entwickelt, mit welcher sich das charakteristische Verhalten der Akteure des Systems Wasserversorgung ergründen lässt. Um die Auswirkungen der Dynamik und der Interaktion der Akteure auf das technische Netzwerk sowie der ökologischen und ökonomischen Umwelt aufzeigen zu können, wird ein agentenbasiertes Modell entworfen. Agentenbasierte Modelle sind Modelle, welche nicht mit Differentialgleichungen operieren, sondern sich auf Regeln mit einer «wenn–dann»-Struktur abstützen. Die einzelnen Agenten (Abbildung 1) beobachten dabei die anderen Agenten und führen bei Bedarf – gemäss ihren Regeln – eine Aktion aus. Stimmen die Regeln, so müssen die Modellresultate vergleichbar sein mit der beobachteten Entwicklung der abgebildeten, realen Wasserversorgung. Das Modell erlaubt auch, unterschiedliche Szenarien des Akteurverhaltens zu simulieren und Aussagen vom Typ «was wäre, wenn» zu machen. Dabei werden die Resultate in Zusammenarbeit mit Partnern aus der Praxis hinterfragt und dem breiten, fundierten und intuitiven Wissen dieser Akteure gegenübergestellt. Das Modell soll helfen, die Diskussion zu strukturieren und die diffusen Ansprüche, Erwartungen und Interaktionen der Akteure aufzudecken. Kenntnis dieser Zusammenhänge ist entscheidend um zu verstehen, wieso sich unsere Infrastruktur in der bisherigen Art entwickelt hat und wo Engpässe zukünftiger Entwicklung liegen könnten.

Literatur

Krüger, P.: Die strategische Architektur für eine Armee nach 2000. VSN (Vereinigung Schweizerischer Nachrichtensoffiziere) Bulletin Nr. 4, 1998.

Chancen und Probleme nachhaltiger Wassernutzung: einige sozio-ökonomische Aspekte

Bernd Kasemir, Urs Dahinden, Carlo Jaeger

Eine nachhaltige Siedlungswasserwirtschaft bedingt langfristig einen weit reichenden Umbau bestehender Strukturen in der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung. Methoden zur Rückgewinnung von Nährstoffen oder Technologien zum Wassersparen werden von Ingenieuren entwickelt. Ob und wie sich solche Innovationen in der Praxis durchsetzen, hängt aber wesentlich von wirtschaftlichen Faktoren ab. Die Struktur der schweizerischen Wasserwirtschaft, in der in absehbarer Zeit grosse Investitionen und, z.B. durch den

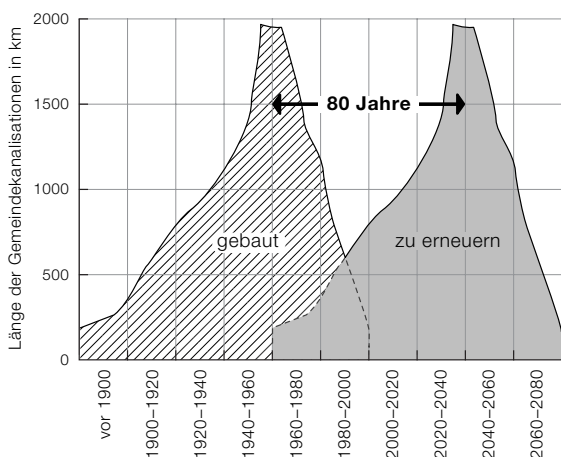


Abbildung: Länge der im Bau befindlichen Gemeindekanalisationen im Kanton Bern [1]. Das Diagramm zeigt, wann wie viele Kilometer Kanalisationsleitungen gebaut wurden (schraffiert). Der Erneuerungsbedarf nach einer mittleren Lebensdauer von ca. 80 Jahren folgt dem gleichen Muster (grau).

zunehmenden Stellenwert des Verursacherprinzips in der Gebührenerhebung, auch Änderungen der Managementpraxis zu erwarten sind, wird daher an der EAWAG im Querprojekt Siedlungswasserwirtschaft untersucht. Das Projekt ist in einer Aufbauphase und soll in den kommenden Jahren fortgesetzt werden.

Diese Untersuchung der schweizerischen Wasserwirtschaft wird an der Abteilung Humanökologie durchgeführt mit Unterstützung durch die Abteilung Ingenieurwissenschaften der EAWAG. Verschiedene externe Auftragnehmer* haben im Rahmen dieses Projekts Daten erhoben. Damit ist diese Untersuchung ein Beispiel für interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Sozial- und Ingenieurwissenschaften sowie flexiblen Zusammenarbeitsverhältnissen mit Externen, welche die EAWAG der Zukunft vermehrt prägen sollen.

Wenn man die Zukunft von Institutionen wie etwa einem ganzen Wirtschaftssector verstehen will, muss man sich mit deren Vergangenheit und Gegenwart auseinandersetzen. In der Schweizer Wasserwirtschaft fallen dabei klare Unterschiede zwischen Wasserversorgung und Abwasserentsorgung auf. In der Abwasserentsorgung wurde vor mehreren Jahrzehnten in vergleichsweise kurzer Zeit eine grosse Aufbauarbeit geleistet, die hohe Investitionen auslöste. Da die damals gebauten Anlagen in absehbarer Zukunft ihre Altersgrenze erreichen werden, ist damit zu rechnen, dass ein neuer Schub von Investitionen nötig wird (Abbildung).

Im Gegensatz zur Abwasserentsorgung besteht in der Wasserversorgung eine längere Geschichte kontinuierlicher Investitionen, so dass zukünftige Investitionen

nicht so stark als Erneuerungswelle in Erscheinung treten dürften. Aber auch hier sind in Zukunft hohe Investitionen zu erwarten.

Die anstehenden Investitionsentscheide bieten auch die Möglichkeit, neue Konzepte umzusetzen. Von den zu erwartenden Zeithorizonten her wird es wichtig sein, in einigen Jahren neue Konzepte für nachhaltige Innovationen im Abwassersektor bis zur Praxisreife entwickelt zu haben, so dass sie bei der nächsten Erneuerungswelle von Abwasserreinigungsanlagen eingesetzt werden können. In der Wasserversorgung sind Konzepte für nachhaltige Innovationen auch wichtig, aber hier besteht vermutlich weniger Zeitdruck.

Nachhaltige Innovationen können auch betriebswirtschaftliche Probleme aufwerfen. Das kann der Fall sein bei Innovationen zum Wassersparen, z.B. Trenn-Toiletten, bei denen Fäkalien und Urin separat gesammelt und entsorgt werden. Da die heutigen Ver- und Entsorgungnetze mit bestimmten Annahmen über den Verbrauch erstellt werden mussten, könnte Wassersparen aufgrund des hohen Fixkostenanteils in der Wasserwirtschaft – das heisst des Anteils der Kosten, die nicht von der bereitgestellten oder entsorgten Wassermenge abhängen – zu einer Erhöhung des Wasserpreises führen. Um nachhaltige Innovationen auch wirtschaftlich erfolgreich zu gestalten, ist ein genaues Verständnis der betriebswirtschaftlichen Strukturen des Wassersektors nötig. In der Vergangenheit war diese Fragestellung nicht so vorrangig, weshalb auch bis jetzt wenig Daten in dieser Richtung erhoben wurden. In Zukunft wird aber Kostentransparenz vermehrt gefragt sein. Die Forschungen der EAWAG haben hier einen wichtigen Beitrag zu leisten.

Anmerkung

* Wir möchten den Auftragnehmern, Urs Hohl (St. Gallen), Nicole Willi (Luzern) und Sabine Brugger (Gnehm Schäfer Ingenieure AG, Füllinsdorf), sowie Yvonne Haffner (Technische Universität Darmstadt) herzlich für die gute Zusammenarbeit danken.

Quelle

[1] Regierungsrat des Kantons Bern: Vollzugskonzept Siedlungsentwässerung (VOKOS). Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern. Amt für Gewässerschutz und Abfallwirtschaft. September 1997.

Potentiale von Stoffflussanalysen in politischen Entscheidungsprozessen

Susanne Kytzia, Michael Redle, Peter Baccini

Im Rahmen einer nachhaltigen Entwicklung sind Informationen über die Nutzung natürlicher Ressourcen wichtige Entscheidungsgrundlagen. Mit der Stoffflussanalyse steht

eine wissenschaftliche Methode bereit, die diese Informationen liefert. In einem Forschungsprojekt der Europäischen Union (EU) erarbeitete die EAWAG mit Partnerinstituten erstmals Grundlagen, um den spezifischen Nutzen dieser Methode systematisch zu untersuchen. In vier Fallstudien zeigt sich die Stoffflussanalyse als flexibel einsetzbares Instrument für Ressourcenmanagement und Emissionsverminderung. Zukünftiger Forschungsbedarf liegt in einer sozialwissenschaftlich bzw. ökonomisch fundierten Untersuchung von konkreten Anwendungen der Methode in Entscheidungssituationen.

Die Stoff- oder Materialflussanalyse (MFA) erfreut sich international in der Umweltforschung wachsender Beliebtheit. 1996 konnten knapp 40 Institute in Europa, USA und Japan Forschungsarbeiten in diesem Bereich vorweisen. Eine systematische Auseinandersetzung mit der Frage, worin ihr spezifischer Beitrag zur Entscheidungsunterstützung liegt, fehlte jedoch bislang ebenso wie Anstrengungen zur Vereinheitlichung verschiedener methodischer Ansätze.

Mit Unterstützung der EU startete 1996 ein Forschungsprojekt, um diese Lücke zu schliessen. Vier Institute erarbeiteten während zwei Jahren Fallstudien, um das mögliche Anwendungsspektrum des Instruments aufzuzeigen:

- Das *Centre for Environmental Science in Leiden (CML)* erstellte eine MFA für Chlor (Schwerpunkt: organische Chlorverbindungen) in der EU während der Lebensdauer der untersuchten Produkte.
- Die *Universität Linsköping* erfasste die Flüsse ausgewählter Metalle (Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn) in Stockholm im Zeitraum von 1900 bis 1995.
- Die *Technische Universität Wien* untersuchte die jährlichen Flüsse ausgewählter Indikatorstoffe (C, N, Fe, Al, Zn, Pb) in Wien.
- Die *EAWAG* beschrieb den Stoffhaushalt von Massengütern (Wasser, Biomasse, Energie, Kies/Sand) in einer Schweizer Region und mögliche Entwicklungspfade während der nächsten sechzig Jahre.

In vier Workshops wurden die Unterschiede der angewandten methodischen Ansätze sowie der mögliche Nutzen der Ergebnisse diskutiert. In Januar 1998 wurden die Projektergebnisse politischen Vertretern der verschiedenen Länder vorgestellt.

Der Vergleich der verschiedenen Fallstudien zeigt drei wesentliche Aspekte:

Vielfalt möglicher Anwendungen. Im Fall des europäischen Chlorhaushalts stellt die MFA wissenschaftliche Grundlagen in einer sehr kontrovers geführten Experten-

diskussion bereit. Die Arbeiten der Universität Linsköping und der EAWAG hingegen zielen auf eine anschauliche – und damit auch für Laien zugängliche – Darstellung des regionalen Stoffhaushalts ab. Diese unterstützt gesellschaftliche Lernprozesse im Umgang mit dem Konzept einer nachhaltigen Entwicklung. Die TU Wien wiederum zeigt den gesamten urbanen Stoffumsatz und bietet damit die Grundlage zur vertieften Analyse unterschiedlicher Umweltprobleme (z.B. als Planungsinstrument).

Bewertungsoffenheit. Die Untersuchung des europäischen Chlorhaushalts sowie der Metallflüsse in Stockholm wurden durch Umweltprobleme motiviert. Die Bewertung der Ergebnisse basierte daher auf einer Einschätzung der ökologischen Auswirkungen der betrachteten Emissionen. Die Arbeit der EAWAG hingegen fokussiert auf eine regionale Selbstversorgung mit Massengütern als mögliches Kriterium nachhaltiger Entwicklung.

Bedeutung einer dynamischen Betrachtung. Die Analyse von Materiallagern liefert wesentliche Erkenntnisse über das Verhalten von Stoffhaushaltssystemen. Das CML und die Universität Linsköping zeigen ihre Bedeutung zur Prognose der Emissionsentwicklung. So entstehen beispielsweise zukünftig erhebliche Emissionen organischer Chlorverbindungen infolge des Abbaus der heutigen PVC-Lager. Aber auch Informationen zum zukünftigen Ressourcenbedarf lassen sich aus der Analyse heutiger Materiallager ableiten. Die EAWAG stellte an zwei Beispielen vor, wie der zukünftige Bedarf an Holz, Kies, Sand und Energie aufgrund der Kenntnis des heutigen Gebäudebestandes geschätzt werden kann.

Die Projektergebnisse sind ein erster Diskussionsbeitrag für die Untersuchung der Wirkung von Stoff- und Materialflussanalysen in politischen Entscheidungsprozessen. Weiterer Forschungsbedarf liegt im Feld der Sozialwissenschaften und der Ökonomie. Erst eine Untersuchung von konkreten Entscheidungsprozessen wird in Zukunft zeigen, welche Möglichkeiten und Grenzen die Methode birgt.

Die Genese von Primärressourcen als Schlüssel für das Design von Sekundärressourcen

Peter Kruspan, Thomas Lichtensteiger

Mittels innovativen hochthermischen Verfahren können gemischte Siedlungsabfälle in Sekundärressourcen für die Baustoffindustrie transformiert werden. Damit lassen sich Primärrohstoffe einsparen. So wird es beispielsweise möglich, den Portlandzementklinker und damit auch

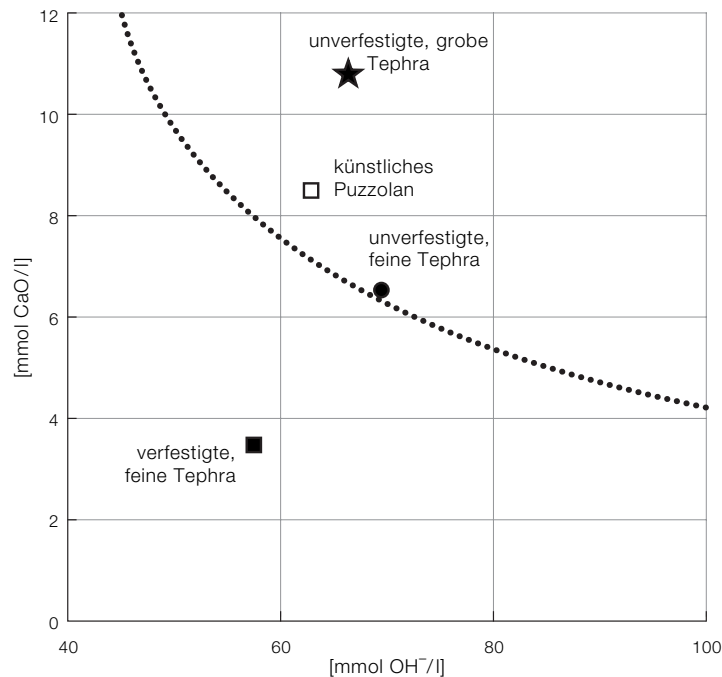
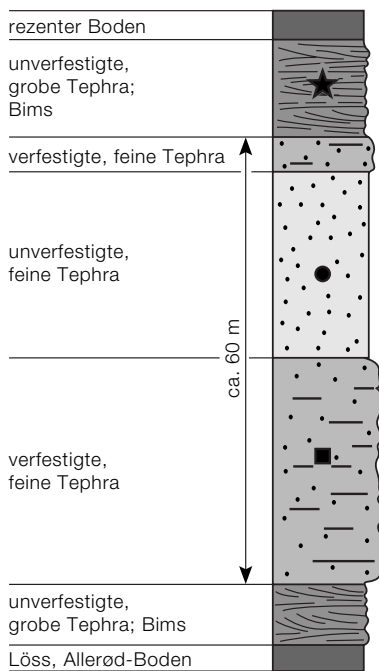
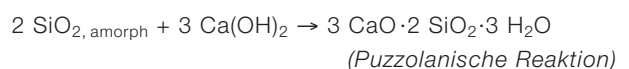
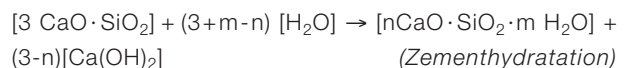


Abbildung: Links ein stratigraphisches Profil durch die vulkanischen Ablagerungen (Tephra) der Laacher-See-Eruption (13 000 Jahre vor heute). Aus 3 Profilmiveaus wurden Proben entnommen und bezüglich ihrer Puzzolanität getestet (Diagramm rechts). In diesem Test wird untersucht, wie viel Kalzium (Ordinate) das Puzzolan bei einer gewissen OH⁻-Konzentration (Abszisse) und bei 40 °C aus einer Lösung binden kann. Die eingezeichnete punktierte Kurve trennt die oberhalb liegenden mittelmässig bis schlecht reaktiven Puzzolane von den unterhalb liegenden stark reaktiven. Verfestigte Tephra haben eine bessere Puzzolanität als unverfestigte. Ein künstliches Puzzolan ohne primäre und sekundäre Beeinflussung seiner Reaktivität liegt oberhalb der Kurve. Es wird untersucht, inwieweit es sich analog dem Tephra in den unteren Bereich verschieben lässt.

dessen energie- und CO₂-intensive Produktion partiell zu substituieren. Am Beispiel von Klinkerersatzstoffen werden verschiedene konzeptionelle Wege evaluiert, um das optimale Produktdesign der Sekundärressource zu definieren.

Seit etwa 10 Jahren werden neue Verfahren entwickelt, um nicht nur das energetische Potential der Siedlungsabfälle zu nutzen, sondern auch deren stoffliches. Dies geschieht über einen metallurgischen Schmelzprozess bei Temperaturen über 1300 °C. Der Siedlungsabfall wird dadurch in Gase (75%), eine metallische (5%) sowie eine silikatische Fraktion (20%) transformiert. Beide Feststofffraktionen werden auf dem Rohstoffmarkt als Sekundärressourcen angeboten.

Je nach installiertem Abkühlungsschritt kann die silikatische Fraktion in verschiedene Produktformen gebracht werden. Im Vordergrund steht die Herstellung eines so genannten Puzzolans. Darunter versteht man ein feinkörniges, glasiges Granulat (SiO_{2, amorph}), welches zusammen mit einer Kalziumkomponente (z.B. Portlandzement, bestehend vor allem aus 3 CaO·SiO₂) und Wasser, erstarrt, also Kalziumsilikathydrate bildet. Folgende zwei vereinfachte Reaktionen laufen dabei ab:



Je schneller die puzzolanische Reaktion abläuft, desto mehr Portlandzement kann durch das Puzzolan ersetzt werden. Kritische Grösse ist dabei der strukturelle Aufbau des glasigen Silikates: ein weitmaschigeres Glasnetzwerk fördert die puzzolanische Reaktion bzw. die Puzzolanität. Strukturelle Einflussfaktoren sind einerseits die Polymerisation der Silikatschmelze (Anteile an Ca²⁺, Fe²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, Na⁺, K⁺), andererseits der Kristallisationsgrad, die Korngrösse und die spezifische Oberfläche des erstarrten Granulates.

Eine Steigerung der Puzzolanität kann beispielsweise über eine Hochdruckzerstäubung des austretenden Schmelzstrahles geschehen, da dadurch die Korngrößenverteilung beeinflusst wird. Dies wurde an der Holderbank-Schmelz-Redox-Anlage selber sowie in experimentellen Versuchen getestet. Vor allem mit einer für die Evaluation explosiver vulkanischer Eruptionen ausgelegten Versuchsanordnung konnte die Puzzolanität

der Produkte aufgrund einer 10fachen Korngrößenreduktion verbessert werden. Daraus lässt sich ableiten, dass durch geeignete verfahrenstechnische Massnahmen eine primäre Verbesserung der Puzzolanität möglich ist.

Aus explosiven vulkanischen Eruptionen entstandene natürliche Puzzolane werden seit alters zu Bauzwecken verwendet. Eine wichtige Lagerstätte befindet sich in der Eifel in Deutschland. Aus einem stratigrafischen Profil wurden Proben auf ihre Puzzolanität hin untersucht. Dabei zeigte sich, dass nicht nur über die Eruption gesteuerte Korngrösseneffekte im Sinne einer primären Beeinflussung der Puzzolanität, sondern auch Verwitterungserscheinungen die Puzzolanität nachträglich noch verbessern (vgl. Abbildung). Zentral ist bei dieser sekundären Puzzolanitätssteigerung die Umwandlung vom kompakten silikatischen Glas in hochporöse Zeolithe durch zirkulierende alkalische Wässer. Experimentell wird überprüft, inwieweit sich solche Umwandlungen auf künstlich hergestellte Puzzolane übertragen lassen. Damit wird das Verständnis der Genese von Primärressourcen zum Schlüssel für die Steigerung des Marktwertes von Sekundärressourcen durch gezieltes Design.

Klimawandel in der Schweiz: Horrorvision oder heisse Luft?

Christoph Schlumpf, Claudia Pahl-Wostl, Andreas Schönborn, Martin Büssenschütt

Das multimediale Informationssystem IMPACTS erlaubt es dem Laien, sich selbst ein Bild vom Klimawandel

und den möglichen Folgen für die Schweiz zu machen. IMPACTS wurde in einem interdisziplinären Forschungsprozess entwickelt und zeigt den heutigen Wissensstand sowie bestehende Unsicherheiten auf. Nach ersten Erfahrungen in Gruppendiskussionen mit Bürgern wird IMPACTS nun auch im Unterricht eingesetzt und ist im Internet frei zugänglich.

Wie wird sich das Klima in der Schweiz in den nächsten Jahrzehnten entwickeln? Welche Folgen hat ein Klimawandel für die Schweiz?

Im Rahmen des Forschungsprojektes CLEAR (**C**limate and **E**nvironment in **A**lpine **R**egions) des Schweizer Nationalfonds werden Antworten auf diese Fragen gesucht. Aufgrund der Komplexität des Klimasystems und seiner vielfältigen Wechselwirkung mit der Umwelt, der Wirtschaft und der Gesellschaft ist es schwierig, Klimafolgen abzuschätzen und zu beurteilen. Ist es zum Beispiel «schlimm», wenn die meisten Gletscher in den Alpen verschwinden? Naturwissenschaftliche Forschung alleine kann darauf keine Antwort geben. Eine Risikobeurteilung durch die Bevölkerung sollte deshalb den Forschungsprozess unterstützen.

Dazu wurde in CLEAR eine neue Form der Bürgerbeteiligung entwickelt, in der Bürger in Gruppendiskussionen die Risiken eines Klimawandels aus ihrer Sicht beurteilen. Dadurch soll ein Dialog zwischen Forschung und Bevölkerung angeregt und eine bürgernahe Politik gefördert werden.

Um den Bürgern verlässliche und verständliche Informationen zum Klimawandel zur Verfügung zu stellen, wurde

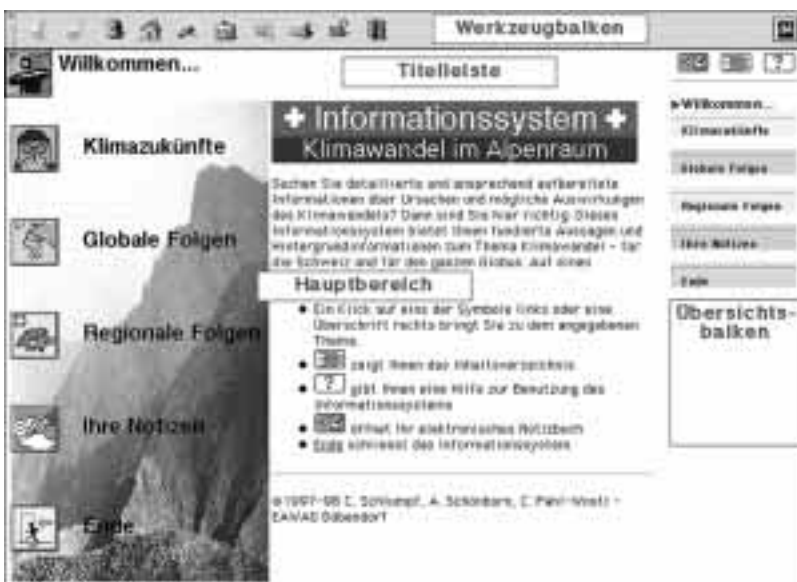


Abbildung: Die Benutzeroberfläche von IMPACTS. Sie besteht aus vier Bereichen (eingerahmte Begriffe): dem **Werkzeugbalken** des Internet-Browsers, um vorwärts und rückwärts zu gehen (ganz oben); einer **Titelleiste**, die den Namen des aktuellen Faktenblattes zeigt (gleich darunter); einem **Übersichtsbalken**, um im Informationssystem zu navigieren (ganz rechts), und dem **Hauptbereich**, in dem die Informationen auf-gezeigt werden (Mitte).

IMPACTS entwickelt. IMPACTS ist ein interaktives und multimediales Informationssystem über die voraussichtlichen Folgen eines Klimawandels (s. Abbildung). Es ist Teil einer umfangreichen Informationsplattform zur Klimaproblematik auf dem Internet (<http://clear.eawag.ch/>).

IMPACTS zeigt den momentanen Stand der Forschung auf; auch die Unsicherheiten in Klimavorhersagen und mögliche Überraschungen werden berücksichtigt. Das Informationssystem besteht aus etwa 50 «Faktenblättern» zu klimarelevanten Themen. Die Themen umfassen

- Ursachen und Ausmass von Klimaveränderungen;
- ihre Auswirkungen auf Naturkatastrophen wie Extremniederschläge, Hochwasser und Stürme;
- Folgen für die natürliche Umwelt, Pflanzen und Tiere im Alpenraum sowie Folgen für die schweizerische Gesellschaft und Wirtschaft.

Daneben wird aber auch über die globalen Folgen eines Klimawandels informiert. Jedes Faktenblatt enthält eine allgemeine Einleitung zum Thema, Aussagen zu möglichen Klimafolgen und detaillierte Hintergrundinformationen. Bilder, Animationen und Simulationsmodelle ergänzen die Texte und unterstützen eine verständliche Informationsvermittlung.

IMPACTS wurde primär für geführte Diskussionsgruppen entwickelt. Die Erfahrungen in diesen «Fokusgruppen» haben gezeigt, dass Laien mit IMPACTS selbständig arbeiten können und die dargebotenen Informationen als sehr verständlich beurteilen. Die vertiefte Darstellung von Unsicherheiten in IMPACTS hat sich dabei als sehr wertvoll erwiesen. Für viele Bürger war die Einsicht neu, dass es prinzipielle, nicht reduzierbare Unsicherheiten bei der Vorhersage und Beurteilung eines Klimawandels gibt.

Aufgrund der positiven Erfahrungen in den Diskussionsgruppen wird IMPACTS nun auch im Unterricht eingesetzt. Spezielle Unterrichtseinheiten und Lehrerfortbildungskurse sind in Vorbereitung.

Literatur

IMPACTS im Internet: <http://clear.eawag.ch/models/>

Pahl-Wostl, C., Van Asselt, M., et al.: Integrated assessment of climate change and the problem of indeterminacy. Views from the Alps: regional perspectives on climate change. P. Cebon, U. Dahinden, H. Davies, D. Imboden, C. Jaeger (eds.). Cambridge, Massachusetts, The MIT Press 1998, pp. 435–498.

Schlumpf, C., Behringer, J., et al.: The personal CO₂ calculator: a modeling tool for participatory integrated assessment methods. *Environ. Modeling & Assessment* 4, No. 1 (1999).

Dürrenberger, G., Behringer, J., et al.: Focus groups in integrated assessment: a manual for a participatory research. Darmstadt, Center for Interdisciplinary Studies in Technology, Darmstadt University of Technology (1997).

Organigramm

Direktion



Alexander J.B.
Zehnder
Direktor



Hans
Wasmer
**Stellvertretender
Direktor**



Ueli
Bundi
Vizedirektor

Forschungsbereiche



Bernhard
Wehrli*
Biogeochemie



Urs
Von Gunten*
Chemie



Rudolf
Müller
**Fischerei-
wissenschaften**



Carlo C.
Jaeger
Humanökologie



James V.
Ward
**Hydrobiologie/
Limnologie**



Hansruedi
Siegrist*
**Ingenieur-
wissenschaften**

Stab



Theresa
Büsser
Public Relations



Herbert
Güttinger
Weiterbildung



Rik
Eggen*
Mikrobiologie



Roland
Schertenleib
**Siedlungshygiene in
Entwicklungsländern**



Peter
Baccini
**Stoffhaushalt und
Entsorgungstechnik**



Claudia
Pahl-Wostl*
Umweltphysik

* alternierende Leitung (Stand Februar 1999)

IGW



René
Schwarzenbach
**Institut für
Gewässerschutz und
Wassertechnologie**

Fachbereiche



Max
Mauz
Technischer Dienst



Elisabeth
Stüssi
Bibliothek



Ulrich Martin
Joss
**Finanz-, Einkaufs-
und Kaufmännische
Dienste**



Peter
Reichert*
**Informatik und
Systemanalyse**



Max
Reutlinger
Lehrlingswesen



Verena
Cajochen
Personaldienst

Beratende Kommission 1998



Ursula Mauch

INFRAS AG, Forschung, Wirtschafts- und Umweltberatung, Zürich
(Präsidentin ab Januar 1999)



Dipl. Ing. Bernhard Jost

Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich, Zürich



Dr. Ernst Basler

E. Basler und Partner AG, Zollikon
(Präsident und Mitglied bis Dezember 1998)



Dr. Claude Martin

Directeur Général, WWF – World Wide Fund for Nature, Gland



Dr. André Bachmann

Direktor BMG Engineering AG, Schlieren



Prof. Yves Maystre

Directeur Institut de génie de l'environnement, EPFL, Ecublens



Dr. Peter Donath

Environment, Health & Safety,
Ciba Speciality Chemicals Inc., Basel
(ab Mai 1998)



Dr. Philippe Roch

Direktor, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, BUWAL, Bern



Dr. Mathias Hohl

Vizedirektor
EMS-Dottikon AG, Dottikon

Umweltschutz an der EAWAG

Herbert Güttinger, Joan Davis, Ueli Joss, Monika Kämpfer, Thomas Lichtensteiger, Mark Gessner, Lucien Nick, Claudia Pahl, Michele Steiner, Hartmut Stuess

Eines der wichtigsten Ziele der Ökologie-Kerngruppe (OEKG) von 1998 war die Einführung einer Energie- und Stoffbuchhaltung an der EAWAG als Basis für quantitative Ziele, konkrete Massnahmen und für eine Erfolgskontrolle. Mit der Systemanalyse und dem Datenerfassungsplan ist die erste Etappe auf dem Weg dahin erarbeitet worden. Die im Herbst 1998 auf dem Dach des Laborgebäudes installierte Wärmerückgewinnungsanlage für Kapellenabluft soll künftig Einsparungen im Energiebedarf von bis zu 75% erbringen. Apropos Energieeinsparungen: Der geringere Stromverbrauch in Kastanienbaum wurde mit höheren Kosten «bestraft». Neu erfolgt übrigens auch die Gebäudereinigung umweltfreundlich; ein entsprechender Passus wurde in den Vertrag aufgenommen.

Betrieblicher Umweltschutz erfordert die Mitwirkung aller Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Im «Pflichtenheft

Umweltschutz» hat die OEKG skizziert, welches die wichtigsten Aufgaben und Verantwortlichkeiten der EAWAG-Angehörigen sind. Sie hat zudem im Dokument «Ziele, Strategie und Massnahmen Umweltschutz EAWAG» ihre eigene Arbeit strukturiert. Einige Zitate aus dem von der Direktion als Weisung herausgegebenen «Pflichtenheft Umweltschutz»:

- «Die Direktion legt die Ziele für den betrieblichen Umweltschutz an der EAWAG fest und sorgt für deren Erreichung. Sie stellt Mittel dafür bereit und sorgt für die Unterstützung durch die vorgesetzten Behörden.»
- «Der Umweltschutz-Beauftragte koordiniert die Umweltschutz-Aktivitäten der EAWAG. Er ist Ansprechpartner für interne und externe Stellen. Gemeinsam mit der Ökologie-Kerngruppe OEKG berät er die Direktion, die Forschungs- und Fachbereiche.»
- «Die OEKG erarbeitet Grundlagen, Strategien und Massnahmenpläne für das Umweltmanagement an der EAWAG. Sie legt Jahresziele fest und informiert sich laufend über den neusten nationalen und internationalen Stand des betrieblichen Umweltschutzes und bringt Ideen ein. Sie ist Diskussionspartnerin und «Laus im Pelz».»
- «Die EAWAG-Angehörigen verhalten sich umweltgerecht und führen ihre Tätigkeit möglichst ressourcenschonend aus. Sie bringen ihre persönlichen Kenntnisse und Erfahrungen aktiv ein.»

Das Umweltbewusstsein ist eine der wichtigsten Grundlagen für konkretes umweltgerechtes Handeln. Deshalb messen wir der Verankerung des Bewusstseins in den Köpfen aller Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter eine sehr grosse Bedeutung zu. Eine weitere wichtige Grundlage ist das Quantifizieren des Umweltverhaltens anhand repräsentativer Indikatoren (z.B. dem Bedarf an Energie, Wasser, Papier, Büro- und Laborgeräten). Die OEKG hat deshalb beschlossen, an der EAWAG eine Energie- und Stoffbuchhaltung einzuführen. 1998 ist in einer ersten Etappe eine Systemanalyse gemacht und ein Datenerfassungsplan erarbeitet worden (Tabelle). Mit der für 1999 geplanten Einführung von SIMBOX¹ werden wir auch über die Möglichkeit verfügen, gut strukturierte Auswertungen der Umweltdaten durchzuführen.

Ein grosser Schritt auf dem Weg zur Reduktion des Energiebedarfs ist die im November 1998 in Betrieb genommene Wärmerückgewinnungsanlage auf dem Laborgebäude (Abbildung). Durch optimierte Steuerung der Kapellenentlüftung und durch Rückgewinnung der Wärme aus der Abluft soll eine Einsparung von rund 900 000 kWh/Jahr erzielt werden können. Dies entspricht

Trinkwasser	Gesamtmenge Brauchwarmwasser- menge	m ³ /Monat m ³ /Monat
Grundwasser	Menge Temperatur	m ³ /Monat Jahresmittel °C
2-Stufen-Osmosewasser	Menge	m ³ /Monat
Abwasser	Menge Temperatur	m ³ /Monat Jahresmittel °C
Heizwärme	Energie	kWh/Monat
Wärmerückgewinnung	Energie	kWh/Monat
Elektrischer Strom gesamt	Energie	kWh/Monat
Elektrischer Strom Brut- und Kühlräume	Energie	kWh/Monat
Elektrischer Strom Lüftung	Energie	kWh/Monat
Chemieabfälle	Menge	kg/Jahr
Betriebskehricht	Menge	kg/Jahr
Altpapier/-karton	Menge	kg/Jahr
Laborgeräte	Input/Output/Bestand	Anzahl(/Jahr)
Kopierpapier	Input	Anzahl(/Jahr)
Büromatikgeräte	Input/Output/Bestand	Anzahl(/Jahr)
Drucker	Input/Output/Bestand	Anzahl(/Jahr)
Computer und Bildschirme	Input/Output/Bestand	Anzahl(/Jahr)
Geschäftsfahrten	Distanzen	km/Jahr
Flugzeugkilometer	Distanzen	km/Jahr

Datenerfassung für die Energie- und Stoffbuchhaltung der EAWAG.



Abbildung: Notdach auf dem Laborgebäude während des Baus der Wärmerückgewinnungsanlage. (Foto: Herbert Güttinger)

rund 75% der bisher für die Lufterwärmung benötigten Energie.

Verschiedene weitere wichtige Anliegen konnten im Berichtsjahr realisiert werden: Auch beim Bahnhof Wallisellen steht nun dank einer kleinen Starthilfe der EAWAG wie in Dübendorf und Stettbach ein abschliessbarer Velostand zur Verfügung. In der neu gestalteten EAWAG-Homepage hat nun der betriebliche Umweltschutz einen prominenten Platz. Für die Gebäudereinigung ist ein neuer Vertrag abgeschlossen worden, in welchem in Anlehnung an die Regelungen der Stadt Bern² strenge Vorschriften für die Umweltverträglichkeit festgelegt worden sind. Zum Beispiel:

- «Das Ziel der umweltverträglichen Reinigung lautet: Möglichst wenig und umweltverträgliche Reinigungsmittel brauchen. Die Reinigungspraxis richtet sich nach der Devise: Nur so oft reinigen, wie nötig und so wenig des richtig gewählten Mittels verwenden wie möglich.»
- «Aktiver Umweltschutz in der Gebäudereinigung bedeutet, sich von übertriebenen Sauberkeitsansprüchen zu lösen. Die Sauberkeit genügt hygienischen und nicht optischen Ansprüchen.»
- «Im Sortiment werden nur voll deklarierte und beurteilte Produkte aufgenommen.»

Übrigens, es gibt sie immer noch, die Mengenrabatte für grösseren Stromverbrauch. Weil am Forschungszentrum für Limnologie in Kastanienbaum 1997/98 weniger als 350 000 kWh Strom verbraucht worden sind, kommt nun eine um 11% teurere Tarifstufe zur Anwendung, und die Stromrechnung fällt trotz bzw. dank geringerem Verbrauch um mehrere Tausend Franken höher aus. Solche falschen Anreizsysteme dürften nach Meinung der OEKG nicht mehr vorkommen.

Bei der OEKG haben sich 1998 einige personelle Wechsel ergeben: Claudia Pahl und Ueli Joss sind ausgetreten und Lucien Nick vom Technischen Dienst hat die EAWAG verlassen. Für das Engagement im betrieblichen Umweltschutz danken wir ihnen herzlich. Neu wirken nun in der Gruppe Monika Kämpfer, Michele Steiner und Hartmut Stuess mit.

Anmerkungen

¹ SIMBOX ist ein im Forschungsbereich Stoffhaushalt und Entsorgungstechnik entwickeltes Software-Werkzeug, welches die Darstellung, die Bilanzierung sowie die Auswertung von Stoff- und Energieflüssen erlaubt.

² Amt für Umweltschutz und Lebensmittelkontrolle Bern: Umweltverträgliche Reinigung von Gebäuden und Textilien (2. Aufl. 1998).

Aus dem Personal

Rudolf Koblet

Im Laufe des Jahres 1998 wurden die folgenden Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter pensioniert:

- Frau *Heidi Bolliger* trat 1970 als Zeichnerin in die EAWAG ein. Beheimatet war sie zwar in der Abteilung für Ingenieurwissenschaften, doch stellte sie ihr Können von Anfang an der ganzen EAWAG zur Verfügung. Bis vor etwa zehn Jahren arbeitete sie mit Feder, Tusche, Lineal und Schablone an einem riesigen Zeichenbrett. Dann aber löste auch hier der Computer das traditionelle Handwerk ab und vervielfachte zugleich die grafischen Möglichkeiten, aber auch die Wünsche der immer zahlreicheren Kundschaft. Zeugnisse von Heidi Bolligers Wirken finden sich zu Tausenden in wissenschaftlichen Publikationen in Fachzeitschriften und Büchern in aller Welt. Sie künden heute und in Zukunft vom überragenden zeichnerischen Können von Heidi Bolliger.
- Frau *Sieglinde Gäbel* wirkte seit 1986 in der Abteilung Hydrobiologie/Limnologie als biologisch-technische Mitarbeiterin. Hier widmete sie sich vor allem der biologischen Analyse von Planktonproben aus Seen und erwarb sich darin ein spezifisches Fachwissen, von dem viele Studierende, Doktorierende und Personen aus der Praxis profitieren konnten. In den letzten Jahren erweiterte sie ihre Kenntnisse auf die gesamte Mikrofauna und -flora der Fliessgewässer, was harte Arbeit am Mikroskop und viel Geduld voraussetzte. Die Kraft dazu schöpfte Sieglinde Gäbel aus ihrem tiefen Interesse an der Natur. Wir sind ihr dankbar, dass sie auch weiterhin bei Bedarf kurzzeitig bei uns einspringt.
- Herr *Werner Roth* stiess 1974 zur EAWAG. Er war allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern wohl bekannt, denn er verteilte die Post in allen Abteilungen. Daneben war er Chauffeur für offizielle Gäste, verwaltete und bestellte Büromaterial, erledigte die vielen Grossaufträge von Fotokopien, wartete die Fotokopiergeräte. Ausserdem sorgte er mit dem ratternden Rasenmäher für gepflegtes Grün rund um die EAWAG-Gebäude. Im Herbst griff er zum Rechen und wischte das Falllaub zusammen. Kurz, Werner Roth, das liebenswürdige Original, war allgegenwärtig.
- Im Jahre 1958, also vor vierzig Jahren, trat Herr Dipl. Ing. *Hans Rudolf Rhein* in die EAWAG ein. Als Ingenieur wirkte er in der damaligen Technischen Abteilung und arbeitete zehn Jahre lang unter Professor Arnold

Hörlar auf dem Gebiet des Siedlungswasserbaus. Aus dieser Zusammenarbeit ging im Jahre 1962 die viel beachtete Publikation über «Die Intensitäten der Starkregen in der Schweiz» hervor. In der Folge wirkte Herr Rhein bei der Lösung abwassertechnischer Probleme mit, auch in Zusammenarbeit mit Prof. Karl Wuhrmann. Um 1970 kam Hans Rudolf Rhein zum ersten Mal in Berührung mit der Informatik, die ihn von da an mehr und mehr in ihren Bann zog. Was mit der Schaffung eines ersten Simulationsprogrammes im Rahmen der Glattstudie begann, führte um 1975 zur Konzipierung und Realisierung eines EAWAG-eigenen Rechenzentrums. 1980 bildete er zusammen mit Jürg Ruchti eine Informatikgruppe, aus der später der heutige Fachbereich Informatik hervorging. Ab 1992 schliesslich galt Hans Rudolf Rheins Einsatz vor allem dem Aufbau und dem Betrieb eines modernen Computernetzwerkes an EAWAG und EMPA. Nebenbei engagierte er sich ab 1970 auch für den Technischen Dienst und für das Bauwesen. In dieser Funktion war er früher jeder Mitarbeiterin und jedem Mitarbeiter bekannt: Er vergab nämlich die Büro- und Haus-schlüssel! Hans Rudolf Rhein war ein eher stiller Mitarbeiter im Hintergrund, aber er trug viel zum Funktionieren der EAWAG bei.

Wir wünschen den Pensionierten alles Gute zum Übertritt in den nächsten wichtigen Lebensabschnitt, vor allem aber Glück, Gesundheit und viel Musse, um sich dem zu widmen, was ihnen am Herzen liegt.

Am 26. Januar 1999 ist *Rudolf Braun* nach langer schwerer Krankheit im Alter von 79 Jahren gestorben. Rudolf Braun war 1955 an die EAWAG gekommen, wo er bis 1982 die Abteilung «Bewirtschaftung fester Abfallstoffe» leitete. Von 1970 bis 1987 lehrte er zudem als Professor für Abfallwirtschaft an der ETH Zürich. Eine ausführliche Würdigung des Wirkens von Rudolf Braun wird im EAWAG-Jahresbericht 1999 erscheinen.

Herr Prof. *Werner Stumm* – Direktor der EAWAG von 1970 bis 1992 – erhielt von der «International Geochemical Society» ihre höchste Auszeichnung, nämlich den Victor Moritz Goldschmidt Award, in Anerkennung seiner hervorragenden Forschungstätigkeit im Gebiet der Geochemie. Herr Prof. Stumm ist am 14. April 1999 im 75. Lebensjahr gestorben. Auch die Würdigung seines Wirkens für die EAWAG wird im nächsten Jahresbericht erfolgen.

Herr Prof. *Alexander Zehnder*, der Direktor der EAWAG, erhielt in Anerkennung seines Engagements bei der Vermittlung wissenschaftlichen Wissens und dessen Umsetzung in die Praxis den Dokortitel ehrenhalber der Université Henri Poincaré, Nancy, Frankreich.

Für seine Dissertation mit dem Titel *Occurrence and behavior of pesticides during storm water infiltration* erhielt Herr *Thomas Bucheli* den Otto-Jaag-Gewässer-schutz-Preis 1998.

Herr Dr. *Hauke Harms*, bisher Mitarbeiter in der Abteilung Mikrobiologie, und Herr Dr. *Christof Holliger*, bisher in der Abteilung Biogeochemie tätig, sind ins Département du Génie Rural an der ETH Lausanne übergetreten. Hauke Harms wirkt als Assistenzprofessor am Laboratoire de Pédologie. Christof Holliger ist Assistenzprofessor für Biotechnologie am Laboratoire du génie biologique.

Im Berichtsjahr wirkten folgende Gastwissenschaftlerinnen und Gastwissenschaftler an der EAWAG:

- *Adams, Don*, Professor, State University of New York, Plattsburgh, New York, USA (17.–30. August 1998)
- *Anderson, James Leroy*, Professor, The University of Georgia, Athens/Georgia, USA (15. Oktober 1997–18. August 1998)
- *Chin, Yu-Ping*, Associate Professor, The Ohio State University, Columbus, Ohio, USA (10. Dezember 1998–31. August 1999)
- *Ioussouпов, Sandjar*, Doktorand, Russische Akademie der Wissenschaften, Institut für Mikrobiologie, Moskau, Russland (3. Oktober 1998–25. Dezember 1998)
- *Kevbrina, Marina*, Doktorandin, Russische Akademie der Wissenschaften, Institut für Mikrobiologie, Moskau, Russland (6. September 1998–30. November 1998)
- *Masarik, Jozef*, Dr., Comenius University, Bratislava, Slovakia (18. September 1997–28. Februar 1998)
- *Nozhevnikova, Alla*, Dr., Russische Akademie der Wissenschaften, Institut für Mikrobiologie, Moskau, Russland (2. Februar 1998–30. April 1998 und 3. Juli 1998–31. Oktober 1998)
- *Odzak, Niksa*, Dr., Institute of Oceanography and Fisheries, Split, Kroatia (1. Januar 1998–31. Dezember 1998)
- *Swietlik, Ryszard*, Dr., Technical University of Radom, Poland (20. Juli 1998–27. November 1998)
- *Van Leeuwen, Herman*, Professor, Wageningen Agricultural University, Wageningen, Netherlands (16. Oktober 1998–31. Dezember 1998)

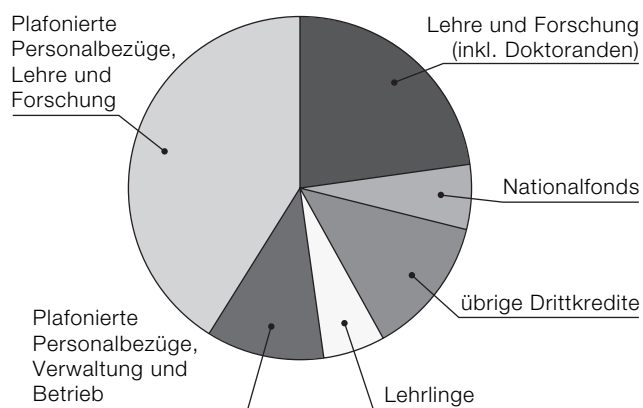
Personalbestand

Verena Cajochen

Durchschnitt 1998 und Anzahl Köpfe im Juni 1998

	Durchschnitts- bestand Pj	Bestand in Köpfen (Stand Juni 1998) P	davon Frauen P
Professoren ETH und TU Darmstadt (davon 3 TitularprofessorInnen)		11	1
ETH-Assistenten	8.6	10	5
ETH-Angestellte	5.9	10	6
Doktoranden Kredit ETHZ (inkl. Unterrichtsassistenz)	5.5	15	4
Plafoniertes Personal	136.7	158	54
Zusatzpersonal Lehre und Forschung	59.8	108	50
Nicht-Etat-Stellen auf Krediten			
Nationalfonds	14.7	28	8
übrige Drittkredite	33.1	56	25
Lehrlinge	16.2	15	6
Gastwissenschaftler	3.0	4	2
Total Personal	283.5	415	161
<i>Anteil der Frauen</i>			38.8%
Doktoranden		72	21
<i>Anteil der Frauen</i>			29.2%

Verteilung der Stellen 1998 (EAWAG-Kredite)



Finanzen

AUSGABEN	1997	1998	Δ%
I Eigene Budgetmittel gemäss Staatsrechnung			
1 Personalbezüge			
1.1 Plafoniertes Personal	15 126 599	15 056 793	-0.46
2 Lehre und Forschung			
2.1 Zusatzpersonal L+F	4 418 193	4 176 493	
2.2 Sachausgaben L+F	1 279 646	1 607 399	
2.3 Mobilien L+F	802 172	1 054 371	5.20
3 Übrige Ausgaben			
3.1 Wasser, Energie, Heizung	416 073	449 144	
3.2 Verbrauchsmaterial, U+R	1 362 208	1 347 116	
3.3 Diverse	296 378	283 112	0.23
Total 1-3	23 701 269	23 974 428	1.15
II Budgetmittel anderer Bundesstellen			
4 Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale			
4.1 Druckerzeugnisse, Bürobedarf	170 147	208 332	
4.2 Informatikmittel	1 096 729	1 172 187	
4.3 Büromatik	46 569	62 754	9.88
5 Amt für Bundesbauten			
5.1 Bauten und Anlagen	762 000	214 606	
5.2 Unterhalt von Bauten und Anlagen	545 000	1 681 718	
5.3 Mieten	699 706	865 330	
5.4 Möbel	80 034	27 577	33.66
6 Eidg. Finanzverwaltung			
6.1 Sozialleistungen Arbeitgeber	4 220 810	4 211 967	-0.21
7 Diverse andere Bundesstellen			
7.1 Post- und Telefntaxen	262 756	275 894	
7.2 Versicherung/Auto-Spesen/TSK	409 670	533 657	20.39
Total 4-7	8 293 421	9 254 022	11.58
III Drittmittel			
8 Drittmittel (Beiträge und Aufträge)			
8.1 Ressortforschung (Bund)	1 934 489	2 376 620	22.86
8.2 Industrie, Privatwirtschaft	452 960	560 493	23.74
8.3 Fonds, Stiftungen, International	254 118	86 878	-65.81
8.4 Nationalfonds	1 443 136	1 753 463	21.50
8.5 Kantone und Gemeinden	900 735	405 993	-54.93
Total 8	4 985 437	5 183 447	3.97
Ausgaben-Total I-III	36 980 127	38 411 897	3.87
EINNAHMEN			
IV Erlöse aus Dienstleistungen und F+E-Aufträgen			
9 9.1 gemäss Staatsrechnung	124 217	105 421	-15.13
Einnahmen-Total IV	124 217	105 421	-15.13
NETTO-AUSGABEN/EINNAHMEN	36 855 911	38 306 476	3.94

Kommentar zur Jahresrechnung

Barbara Breu, Maria Huber, Ueli Joss, Brigitte Ritter, Thomas Rüegg (Finanz-, Einkauf- und kaufmännische Dienste)

Die *Ausgaben gemäss Staatsrechnung* erhöhten sich gegenüber der *Rechnung 97* von 23.701 auf 23.974 Mio. Franken (+0.273 Mio. Franken oder +1.15%). Der Voranschlag 1998 betrug 23.478 Mio. Franken. Es wurden Kürzungen von total Fr. 346 200.– verfügt (0.76% der Personalausgaben, entsprechend Fr. 146 200.–, Reduktion des L+F-Globalbudgets Fr. 200 000.–). Positive Budgetverschiebungen bezüglich der Lohnmassnahmen 1998 (Kaderlohnopfer, Ortszuschlag, Nichtbetriebsunfallversicherung Fr. 75 700.–) und die US\$-Währungskorrektur von Fr. 47 200.– führten zum massgeblichen Budget-Total von 23.255 Mio. Franken. Projekt- und aufgabengebundene Abtretungen aus den Reserven des ETH-Rates von Fr. 362 000.–, die Verwaltung der Mittel für das ETH-Rats-Projekt «Strategie Nachhaltigkeit» von Fr. 340 000.– und die Abtretung des Eidg. Personalamtes für die positive Lohnkomponente von Fr. 18 800.– führten zu verfügbaren Budgetmitteln von 23.976 Mio. Franken. In den Ausgaben sind Fr. 499 926.– enthalten, welche die Rechnung 98 über ein transitorisches Konto der Bestandesrechnung belasten, aber gemäss Bundesratsbeschluss vom 19.1.1998 als Kreditübertragung erst im Jahre 1999 ausgabenwirksam werden.

Seit Anfang 1998 bewirtschaften wir die *Personalbezüge aus den plafonierten Personalkrediten und aus dem L+F-Globalkredit* als Ganzes. Die Ausgaben reduzierten sich von 19.545 Mio. Franken auf 19.233 Mio. Franken. Gegenüber 1997 wurden mit 196.49 Personenjahren 4.39 Personenjahre weniger bezahlt. Die durch die reduzierten Budgetvorgaben erzwungene Reduktion (ohne

Einbezug der aufgabengebundenen ETH-Rats-Abtretungen) musste zu Lasten von L+F-ProjektmitarbeiterInnen realisiert werden, u.a. auch mit dem weiteren Abbau von Doktorandenstellen. Zusammen mit den Drittmittelstellen wurden 244.28 Personenjahre bezahlt (Vorjahr 252.69 Personenjahre).

Die *Sachausgaben aus dem L+F-Globalkredit* inklusive Apparate-Beschaffungen erhöhten sich gegenüber der Rechnung 97 von 2.08 auf 2.66 Mio. Franken oder um 27.8%. Dies, weil Erstaussagen für das ETH-Bereichsprojekt «Strategie Nachhaltigkeit» schergewichtig für Einrichtungs- und Ausrüstungsbeschaffungen sowie für externe Beratungskosten anfielen. Zudem wurde die Abtretung des ETH-Rates von Fr. 362 000.– v.a. für die Finanzierung von Massenspektrometrie-Geräten eingesetzt.

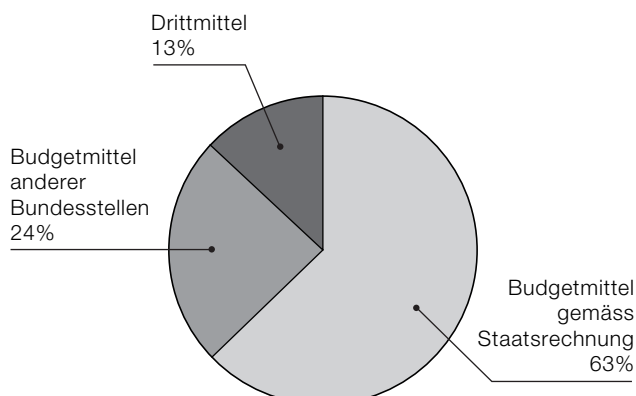
Die *diversen laufenden Sachausgaben* (Wasser, Energie, Heizung, Chemikalien und Labormaterial, Unterhalt und Reparaturen sowie diverse Auslagen) konnten dank Optimierungs- und Sparanstrengungen mit 2.079 Mio. Franken auf dem Vorjahresniveau von 2.074 Mio. Franken gehalten werden.

Bauten

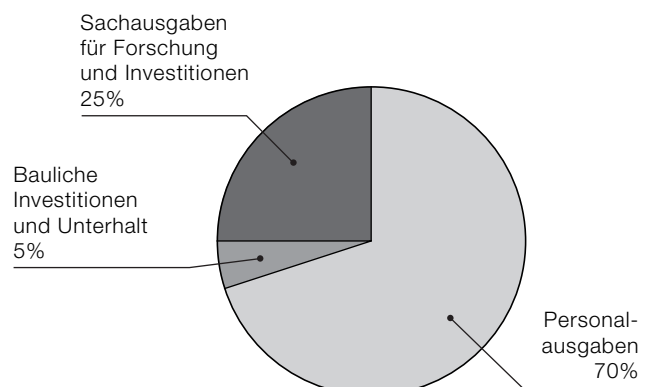
Es wurden keine neuen Bauten erstellt; das Schergewicht lag bei der Werterhaltung und Sanierung bestehender Bauten. In Dübendorf wurde im Laborgebäude die Lüftungsanlage erneuert und durch eine Wärmerückgewinnung erweitert. Die dabei eingesparte und zurückgewonnene Wärme entspricht dem jährlichen Energiebedarf von ca. 50 Einfamilienhäusern.

Die Bedürfnisabklärung und -überprüfung für eine Versuchshalle (Ersatz der aus den 50er Jahren stammenden Einrichtungen in der Tüffenwies) wurde abgeschlossen.

Struktur der Mittelherkunft 1998



Struktur der Mittelverwendung 1998



Die Vorarbeiten für die Projektierung sind so weit fortgeschritten, dass die Versuchshalle im Jahr 1999/2000 realisiert werden kann.

Vereinnahmungen zu Gunsten Rubrik 5340 aus Abrechnungen für Aufträge, Kurse und diverse Rückvergütungen betragen Fr. 105 421.- (Vorjahr Fr. 124 217.-).

In Zusammenhang mit der Übernahme der Verantwortung für das Bau- und Liegenschaftswesen wurden die erforderlichen Aufbau- und Ablauforganisationen geschaffen.

Drittmittel

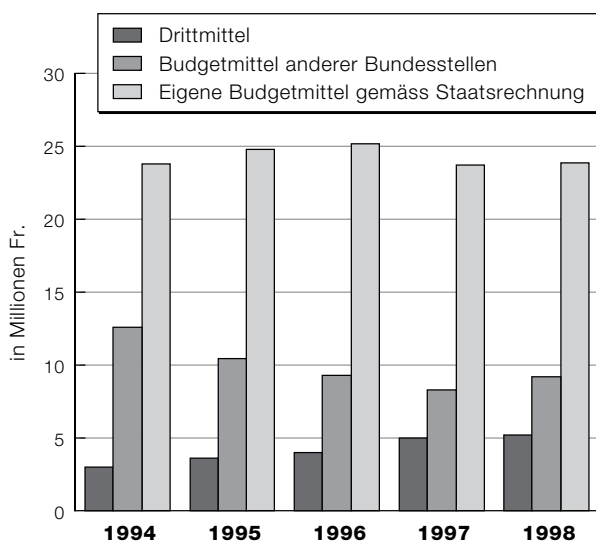
Unsere Forschungsprojekte für den Nationalfonds und in Zusammenarbeit mit diversen Bundesämtern sowie mit Kantonen, Gemeinden, der Privatwirtschaft und Internationalen Organisationen zeigen bezüglich der Geldmenge folgendes Bild (in Mio. Franken):

- per 1.1.1998 vom Vorjahr übernommene Mittel 5.996
- Zahlungen der Vertragspartner 5.606
- Mittelverbrauch 1998
(ohne Übertrag 97 von 0.44 Mio. Franken) 5.183
- per 31.12.1998 verfügbare Mittel 6.419

Das Total des Drittmittelverbrauchs erhöhte sich gegenüber letztem Jahr von 4.985 Mio. Franken auf 5.183 Mio. Franken oder um 3.97% (Nationalfonds + 21.5%, Kantone und Gemeinden -54.93%, Privatwirtschaft/Internationale Organisationen -6.28%, Ressortforschung des Bundes + 22.86%). Die starke Zunahme der Ressortforschungsmittel ist auf die erfolgreiche Akquisition von neuen EU-Mitteln des Bundeamtes für Bildung und Wissenschaft zurückzuführen.

Aus diesen Drittmitteln wurden 47.79 Personenjahre für spezifisch angestellte Forschungs-ProjektmitarbeiterInnen finanziert (Vorjahr 51.81 Personenjahre).

Ausgabenentwicklung 1994 bis 1998





(Foto: Susi Lindig, Zürich)

ANHANG

zusammengestellt von Rudolf Koblet

Kurse und Fachtagungen der EAWAG

21. Januar

Vereinigung der Seifen-, Parfüm- und Waschmittelhersteller SEPAWA, Sektion Schweiz: Vortragstagung an der EAWAG
Leitung: Walter Giger.

29.–30. Januar

Workshop on «Sn compounds in the aquatic environment»
Leitung: Stephan Müller.

17.–18. März

Moderne Methoden zum Nachweis von Mikroorganismen und deren Aktivität (PEAK-Basiskurs B5/98)
Leitung: Rik Eggen, Jan Roelof van der Meer, Kornelia Zepp.

24.–26. März

Chemische Umweltanalytik: Konzepte und Methoden (PEAK-Anwendungskurs A2/98)
Leitung: Walter Giger, Marc Suter.

16.–23. Mai

2nd Internat. Workshop BIOMASS (Biodiversity of micro-organisms in aquatic systems); EU-project, 4th frame work
Leitung: Michael Sturm, André F. Lotter.

5.–8. Juli

Molecular Methods for Safe Drinking Water
Workshop in Interlaken, organisiert mit OECD, BUWAL, BBW, BAG
Leitung: Alexander J.B. Zehnder, Thomas Egli, Mario Snozzi.

10.–14. (17.–21.) August

Fliessgewässer: Ökologie und Wasserbau (PEAK-Anwendungskurs A4/98)
Leitung: Michael Hütte, Armin Peter (EAWAG), Lukas Hunzinger (VAW).

1.–2. September

«Integrated assessment» von Umweltproblemen (PEAK-Basiskurs B6/98)
Leitung: Claudia Pahl-Wostl, Carlo Jaeger.

7.–8. September

Modellierung natürlicher Systeme (PEAK-Basiskurs B4/98)
Leitung: Gerrit-Hein Goudsmit, Peter Reichert, Oskar Wanner.

11. September

Stoffflüsse verstehen – Stoffflüsse lenken (Infotag 1998)
Leitung: Theresa Büsser, Ueli Bundi.

14.–18. September

**Einsatz von Biofilmsystemen in der Abwasserreinigung
(PEAK-Anwendungskurs A8/98)**

Leitung: Markus Boller, Hansruedi Siegrist.

22.–24. September

Taxonomie und Ökologie aquatischer Organismen.

**Teil 1: Trichoptera
(PEAK-Anwendungskurs)**

Leitung: Wolfram Graf, Johann Waringer (Universität Wien),
Klement Tockner (EAWAG).

28.–29. September

**System identification and modelling with AQUASIM
(PEAK-Basiskurs B7/98)**

Leitung: Gerrit Goudsmit, Peter Reichert, Oskar Wanner.

30. September – 1. Oktober

**Modelling of rivers with AQUASIM
(PEAK-Vertiefungskurs V17/98)**

Leitung: Gerrit Goudsmit, Peter Reichert, Oskar Wanner.

10.–12. November

**Ecotoxicologie pratique: le test MICROTOX®
(PEAK-Ökologiekurs coetox, Block 10)**

Leitung: Kristin Becker (EPFL), Herbert Güttinger (EAWAG).

- Angewandte Mikrobiologie **PD Dr. Thomas Egli**
- Aquatische Chemie I **Prof. Laura Sigg, Prof. Bernhard Wehrli**
- Aquatische Chemie I **Prof. Bernhard Wehrli**
- Aquatische Physik I: Einführung in die Physik aquatischer Systeme
Dr. Gerrit-Hein Goudsmit, Dr. Rolf Kipfer, Dr. Frank Peeters
- Aquatische Physik II **Prof. Dieter Imboden, Dr. Alfred Wüest**
- Biogeochemische Kreisläufe **Prof. Bernhard Wehrli**
- Bioindikation und Ökotoxikologie **PD Dr. Karl Fent***
- Biologie V: Ökologie II **Dr. Hans Rudolf Bürgi***
- Biologie V: Ökologische Übungen und Exkursionen **Dr. Hans Rudolf Bürgi***
- Biotechnologie I: Allgemeine Biotechnologie **PD Dr. Thomas Egli***
- Chemie I **Dr. Dieter Diem, Prof. Bernhard Wehrli**
- Chemie I **Dr. Werner Angst, Dr. Dieter Diem***
- Chemie II **Dr. Werner Angst, Dr. Dieter Diem, Prof. René P. Schwarzenbach***
- Chemie II **Prof. René P. Schwarzenbach, PD Dr. Barbara Sulzberger**
- Chemie III und Allgemeine Mikrobiologie **Dr. Werner Angst, Prof. Christof Holliger, Prof. Alexander J.B. Zehnder**
- Chemie im Umfeld **Dr. Joan S. Davis**
- Chemische Hydrogeologie **Dr. Eduard Hoehn**
- Fische: Biologie, Ökologie, Ökonomie **Dr. Rudolf Müller, Dr. Armin Peter**
- Gewässerschutz und Umweltökologie **Prof. Alexander J.B. Zehnder**
- Grundlagen des Gewässerschutzes **Dipl. Ing. Ueli Bundi**
- Grundwasserhydraulik und Stofftransport **Dr. Eduard Hoehn***
- Grundwasserökologie **Prof. James V. Ward**
- Hygiene und Chemie des Trink- und Abwassers **Dr. Mario Snozzi, Dr. Urs von Gunten**
- Integriertes Grundpraktikum I: Chemie **Dr. Werner Angst***
- Integriertes Grundpraktikum I/II: Syntheseblock **Dr. Rolf Kipfer***
- Integriertes Grundpraktikum II, Teil Aquatische Ökologie
Dr. Hans Rudolf Bürgi, Dr. Christopher T. Robinson
- Integriertes Grundpraktikum III: Physik **Dr. Rolf Kipfer***
- Kryptogamen (ohne Pilze) **Dr. Hans Rudolf Bürgi***
- Kulturtechnischer Diplom-Feldkurs **Prof. Willi Gujer***
- Limnogeologie **Dr. Michael Sturm***
- Limnologie I (Fließgewässer) **Prof. James V. Ward**
- Limnologie II **Dr. Hans Rudolf Bürgi**
- Mathematik II: Lineare Algebra und Systemanalyse **Prof. Dieter Imboden***
- Mathematische Modellierung aquatischer Systeme **PD Dr. Peter Reichert**
- Mensch – Technik – Umwelt (Gruppenarbeit) **Dr. Jürg Beer, Dr. Joan S. Davis***
- Methoden der Ökotoxikologie **PD Dr. Karl Fent**
- Mikrobielle Ökologie **PD Dr. Thomas Egli***
- Nachhaltige Baustoff-Bewirtschaftung **Prof. Peter Baccini, Dr. Thomas Lichtensteiger***
- Natürliche Isotope in der Umwelt **Dr. Jürg Beer**
- Naturwissenschaften für Bauingenieure (Gewässerschutz und Umweltökologie) **Prof. Alexander J.B. Zehnder**
- Ökologie I: Grundlagen der Ökologie **Dr. Hans Rudolf Bürgi, Dr. Andreas Frutiger, Prof. James V. Ward***
- Ökologie natürlicher Gewässer **Dr. Hans Rudolf Bürgi**
- Ökologie von Feuchtgebieten **Dr. Klement Tockner, Dr. Mark Gessner**
- Ökologisch-ökonomische Problemfelder in Entwicklungsländern I+II
Dipl. Ing. Roland Schertenleib*
- Ökologische Genetik aquatischer Organismen **Dr. Piet Spaak**
- Organisation und Dynamik von Ökosystemen **PD Dr. Claudia Pahl-Wostl**

Lehrveranstaltungen

* gemeinsam mit Dozenten, die nicht zur EAWAG gehören

ETH Lausanne

- Chimie des eaux (cycle postgrade en sciences de l'environnement)
Prof. Laura Sigg
- Cycle postgrade en sciences de l'environnement. Travaux pratiques en limnologie **Prof. Bernhard Wehrli, Dr. Gabriela Friedl, Dr. Kornelia Zepp Falz, Dr. Beat Müller, Dr. Armin Peter, Dr. Michael Sturm, Dr. Alfred Wüest**
- Leadership competence program: Regional development and sustainability (auch an ETHZ) **Prof. Peter Baccini**
- NDK Risiko und Sicherheit (auch an ETHZ und HSG) **Dipl. Ing. Hans Rudolf Wasmer**
- Sciences de l'environnement **Prof. Alexander J.B. Zehnder**

ETH Zürich

- Abwasserreinigung I **Dr. Tove Larsen, Dr. Hansruedi Siegrist**
- Abwasserreinigung II / Verfahrenstechnik der Abwasserreinigung II
Prof. Willi Gujer
- Allgemeine Chemie I **Dr. Werner Angst, Dr. Dieter Diem***
- Allgemeine Mikrobiologie **Dr. Werner Angst, Prof. Christof Holliger**
- Analytische Chemie für Umweltnaturwissenschaftler **Prof. Walter Giger, Dr. Christa McArdell-Bürgisser**

- Organische Chemie für Umweltnaturwissenschaftler **Dr. Werner Angst**
- Organische Umweltchemie I **Dr. Beate Escher**
- Organische Umweltchemie II **Dr. Werner Angst, PD Dr. Stefan Haderlein, Prof. René P. Schwarzenbach, PD Dr. Barbara Sulzberger**
- Organische Umweltchemie III **Prof. René P. Schwarzenbach, Dr. Markus Ullrich**
- Praktikum analytische Chemie **Dr. Stephan Müller***
- Praktikum aquatische Chemie **Prof. Laura Sigg, Prof. Bernhard Wehrli**
- Praktikum in aquatischer Physik und Hydrologie **Dr. Rolf Kipfer**
- Praktikum in Chemie **Dr. Dieter Diem, Prof. Bernhard Wehrli**
- Praktikum Limnologie II **Dr. Hans Rudolf Bürgi**
- Praktikum systematische und ökologische Biologie I **Dr. Rudolf Müller, Dr. Armin Peter, Dr. Christopher T. Robinson***
- Praktikum systematische und ökologische Biologie II **Dr. Hans Rudolf Bürgi***
- Regionaler Stoffhaushalt und Abfallwirtschaft **Prof. Peter Baccini**
- Risiko und Sicherheit **Dipl. Ing. Hans Rudolf Wasmer***
- Schadstoffdynamik in Wasser, Boden und Luft **Prof. Walter Giger***
- Seminar in Siedlungswasserwirtschaft **Prof. Willi Gujer**
- Seminar in Umweltchemie und Umweltmikrobiologie **Prof. René P. Schwarzenbach***
- Siedlungsentwässerung **Prof. Willi Gujer**
- Siedlungswasserbau, Siedlungswasserwirtschaft, Grundzüge **Prof. Willi Gujer**
- Stoffwechsel der Anthroposphäre **Prof. Peter Baccini**
- Systematik aquatischer Invertebraten **Dr. Hans Rudolf Bürgi, Dr. Klement Tockner**
- Technik und Umwelt **Dr. Jürg Beer, Dr. Joan S. Davis**
- Technische Mikrobiologie **Dr. Mario Snozzi**
- Trinkwasser und Abwasser **Dr. Mario Snozzi, Dr. Urs von Gunten**
- Umwelt II: Stoffwechsel der Anthroposphäre **Prof. Peter Baccini**
- Umweltchemie I: Chemische Ökologie **PD Dr. Stefan Haderlein, Prof. Bernhard Wehrli**
- Umweltchemie II: Allgemeine Toxikologie und Ökotoxikologie **PD Dr. Karl Fent***
- Umweltchemikalien: Analytik und Verhalten von chemischen Substanzen in der Umwelt **Prof. Walter Giger, Dr. Hans-Peter Kohler***
- Umweltchemisches Praktikum **Prof. Walter Giger, Prof. Laura Sigg, Prof. Bernhard Wehrli**
- Umweltmikrobiologie inkl. Praktikum **Prof. Hauke Harms, Prof. Alexander J.B. Zehnder**
- Umweltmikrobiologisches Praktikum **PD Dr. Thomas Egli, Dr. Mario Snozzi***
- Verfahrenstechnik in Entsorgungssystemen **Prof. Peter Baccini, PD Dr. Hasan Belevi**
- Vertiefungsblock B 7: Bodenschutz, Kulturtechnischer Wasserbau **Dipl. Ing. Martin Strauss, Dipl. Ing. Martin Wegelin***
- Vertiefungsblock C 6/8: Siedlungswasserwirtschaft und Versorgungstechnik **Prof. Markus Boller, Prof. Willi Gujer**
- Vertiefungsblock E 7: Gewässerschutz, Siedlungswasserwirtschaft **Prof. Willi Gujer, Dr. Hansruedi Siegrist**
- Vertiefungsblock F8: Regionaler Stoffhaushalt und Abfallwirtschaft **Prof. Peter Baccini, Dr. Hans Peter Bader, PD Dr. Hasan Belevi, Dr. C. Annette Johnson**
- Wassertechnologie **Prof. Markus Boller, Dr. Urs von Gunten**
- Wasserversorgung **Prof. Markus Boller**
- Wasserwirtschaft und Siedlungshygiene **Dipl. Ing. Roland Schertenleib**
- Wirkung von Chemikalien auf Umwelt und Mensch und ihre Vernetzung **PD Dr. Karl Fent***

Andere Hochschulen

CALTECH, Pasadena USA

Hydrological transport processes – physical processes in lakes
Prof. Dieter Imboden

Gewerbliche Berufsschule der Stadt Luzern

Umweltkunde für Chemielaboranten **Dr. Peter Bossard**

Hochschule Zürich – Studienbereich Technik

Hydraulik und Hydrologie **Dr. Rolf Fankhauser**; Kanalisation und Abwasserreinigung; Wasserversorgung **Dr. Vladimir Krejci**

Ingenieurschule beider Basel, Muttenz

NDS Umwelt: Kurs «Grundwasser» **Dr. Eduard Hoehn**; NDS Umwelt: Globale Wasserprobleme **Dipl. Ing. Roland Schertenleib**

Ingenieurschule ITR Rapperswil

Exkursionen in Ökologie und Umweltschutz; GUK Gesellschaft–Umwelt–Kultur **Dr. Hans Rudolf Bürgi**

Technische Universität Darmstadt TUD

Vorlesung: Modellierung sozialer Systeme; Proseminar: Modellierung sozialer Systeme; Seminar I: Modelle urbaner Wasserversorgung; Seminar II: Stadtsoziologie **Prof. Carlo C. Jaeger**

Universidade de Coimbra, Portugal

Advanced course on litter decomposition in freshwaters **Dr. Mark Gessner***

Universität Basel

Faunakurs, «Fische der Schweiz» **Dr. Rudolf Müller**;
Wasser: Vorkommen und Verhalten; Gefährdung und Schutz
Dr. Joan S. Davis

Universität Bern

Stoffkreisläufe verstehen – Stoffkreisläufe lenken **PD Dr. Barbara Sulzberger**

Universität Zürich

Umwelttoxikologie/Humantoxikologie; Spezielle Kapitel der Umwelttoxikologie/Humantoxikologie **PD Dr. Karl Fent**

Université de Neuchâtel

Water and sanitation in emergency engineering **Dipl. Ing. Roland Schertenleib, Dipl. Ing. Martin Wegelin**; Qualité et protection de l'eau **Dr. Jürg Zobrist**

Wissenschaftliche Publikationen

Beiträge in den EAWAG news

Abkürzung

EN 45 D EAWAG news Nr. 45 D

Aeschbach-Hertig, W., Hofer, M., Kipfer, R.:

Spurenstoffe zur Analyse von Wasserkreisläufen. EN 46 D, 15–17 (1999).

Bader, H.-P., Scheidegger, R.:

Systemmodelle und Simulationsprogramme im Umweltmanagement. EN 46 D, 3–5 (1999).

Boller, M.:

New pathways for rainwater. EN 44 E, 6–11 (1998) / Eaux pluviales: solutions d'avenir. EN 44 F, 6–11 (1998).

Boller, M.:

Zur Pensionierung von Heidi Bolliger. EN 45 D, 28 (1998) / To the retirement of Heidi Bolliger. EN 45 E, 28 (1998).

Borner, S., Stalder, H.:

Krokodile im Vierwaldstättersee. EN 45 D, 21–23 (1998) / Crocodiles in the Lake Lucerne. EN 45 E, 21–23 (1998) / Bientôt des crocodiles dans le lac des Quatre-Cantons? EN 45 F, 21–23 (1998).

Bratrich, C., Truffer, B., Wehrli, B.:

Ökostrom aus Wasserkraft. EN 46 D, 29–30 (1999).

Bundi, U.:

EAWAG and sustainable water protection. EN 44 E, 2 (1998) / L'EAWAG et la protection durable des eaux. EN 44 F, 2 (1998).

Eisenmann, H.:

Doktorieren mit Blick auf die Zukunft. EN 45 D, 2 (1998) / Doctoral research with an eye to the future. EN 45 E, 2 (1998) / Doctorats: un capital d'avenir. EN 45 F, 2 (1998).

Faist, M., Kytzia, S.:

Wie kann ein Grossverteiler zur effizienten Ressourcennutzung beitragen? EN 46 D, 24–26 (1999).

Genoni, G.P.:

Die Energiedosis macht, ob ein Ding Gift ist. EN 45 D, 13–15 (1998). / The energy dose makes the poison. EN 45 E, 13–15 (1998) / C'est la dose d'énergie qui fait le poison. EN 45 F, 13–15 (1998).

Giger, W., Molnar, E., Ibric, S., Ruprecht, C., Ahel, M., Schaffner, C., Stoll, J.-M.:

Chemikalien aus Wasch- und Reinigungsmitteln in Schweizer Flüssen. EN 46 D, 12–14 (1999).

Güttinger, H.:

5 Jahre PEAK – Umwelt-Weiterbildung im Dialog zwischen Wissenschaft und Praxis. EN 45 D, 25–26 (1998) / Five years of PEAK – Environmental education in a dialogue between science and practice. EN 45 E / PEAK: 5 ans déjà – Formation continue d'environnementaliste: un dialogue entre recherche et pratique. EN 45 F, 25–26 (1998).

Harms, S.:

Eine leistungsstarke Institution braucht qualifizierte MitarbeiterInnen. EN 45 D, 27–28 (1998) / A productive institution needs qualified employees. EN 45 E, 27–28 (1998) / Une institution performante a besoin de collaboratrices et de collaborateurs qualifiés. EN 45 F, 27–28 (1998).

Hesselmann, R., Hahn, D., van der Meer, J.R., Zehnder, A.J.B.:

Erhöhte biologische Phosphatelimination aus Abwasser – die Suche nach den Organismen. EN 45 D, 18–20 (1998) / Enhanced biological phosphate removal from sewage. The search of organism. EN 45 E, 18–20 (1998) / Bioélimination améliorée des phosphates dans les eaux usées. EN 45 F, 18–20 (1998).

Hoehn, E.:

The Linsen valley – both drinking water resource and natural habitat. EN 44 E, 21–22 (1998) / Le Linsental: à la fois ressource d'eau potable et espace vital. EN 44 F, 21–22 (1998).

Johnson, C.A., Hoehn, E.:

The influence of old municipal solid waste landfills on groundwater quality. EN 44 E, 12–17 (1998) / Anciennes décharges et eaux souterraines: un voisinage à risque. EN 44 F, 12–17 (1998).

Kipfer, R., Hohmann, R., Peeters, F., Sturm, M., Imboden, D.:

Baikalsee: Grundlagenforschung als Nukleus ökologischer Verantwortung? EN 45 D, 6–9 (1998) / Lake Baikal: basic research as the nucleus of environmental responsibility. EN 45 E, 6–9 (1998) / Le lac Baïkal – Recherche fondamentale: noyau de la responsabilité écologique EN 45 F, 6–9 (1998).

Koblet, R.:

Vergangenheit und Gegenwart der Schweizer Gewässer. EN 45 D, 10–12 (1998) / Past and present of Swiss waters. EN 45 E, 10–12 (1998) / Les cours d'eau suisses: hier et aujourd'hui. EN 45 F, 10–12 (1998).

Kytzia, S., Baccini, P.:

Ressourcenbewirtschaftung am Beispiel des Wohnens. EN 45 D, 3–5 (1998) / Resource management: living space as an example. EN 45 E, 3–5 (1998) / Gestion des ressources à l'exemple du logement EN 45 F, 3–5 (1998).

Larsen, T.A.:

Sustainable management of resources on a regional level. EN 44 E, 26–28 (1998) / Gestion durable des ressources au niveau régional. EN 44 F, 26–28 (1998).

Larsen, T.A.:

Nährstoffkreisläufe in der Siedlungswasserwirtschaft. EN 46 D, 21–23 (1999).

Lichtensteiger, T.:

Stoffflüsse verstehen – Stoffflüsse lenken. EN 46 D, 2 (1999).

Maurer, M.:

Kunststoffteilchen statt Beton – Alternative zum Ausbau von Kläranlagen. EN 45 D, 16–17 (1998) / Plastic particles instead of concrete. An alternative to building new tanks in sewage treatment plants. EN 45 E, 16–17 (1998) / Microsubstrates synthétiques: le relève du béton – Solution de rechange à l'agrandissement des STEP. EN 45 F, 16–17 (1998).

Peter, A., Gonser, T.:

The Töss as habitat. EN 44 E, 18–20 (1998) / La Töss – modèle écologique. EN 44 F, 18–20 (1998).

Rüede, A.:

Participatory processes: a challenge for science? EN 44 E, 23–25 (1998) / La participation – un défi pour la science? EN 44 F, 23–25 (1998).

Sigg, L., Behra, R., Boller, M., Eggen, R., Meier, W., Sulzberger, B., Xue, H.B.:

Bedeutung der Einträge von Kupfer in die Gewässer. EN 46 D, 9–11 (1999).

Udert, K.:

How urine is transformed into anthropogenic nutrient solution (ANS). EN 44 E, 29 (1998) / Comment produire des substances nutritives anthropiques (SNA) à partir d'urine. EN 44 F, 29 (1998).

Wagner, W.:

Natural waters – a mirror of regional development. EN 44 E, 3–5 (1998) / Les cours d'eau – miroir du développement régional. EN 44 F, 3–5 (1998).

Wüest A., Wehrli, B.:

Zehn Jahre Seenbelüftung – Erfahrungen und Optionen. EN 42 E, 28–29 (1997) / Ten years of artificial lake aeration. EN 42 E, 27–28 (1997) / Dix ans d'aération lacustre – Expériences et options. EN 42 F, 27–28 (1997).

Zehnder, A.J.B.:

Wassernutzung und Nahrungsmittelproduktion – eine internationale Arbeitsteilung. EN 46 D, 18–20 (1999).

Zeltner, C., Lichtensteiger, T.:

Produktedesign in der thermischen Abfallbehandlung. EN 46 D, 6–8 (1999).

Fachartikel in Zeitschriften und Buchkapitel**Ackermann, G.E., Fent, K.:**

The adaptation of the permanent fish cell lines PLHC-1 and RTG-2 to FCS-free media results in similar growth rates compared to FCS-containing conditions. *Marine Environ. Res.* 46, 363–367 (1998). [2495]

Aeschbach-Hertig, W.:

Wie kalt war es in Zürich vor 20 000 Jahren? *Neue Zürcher Ztg.* 4.11.1998, S. 69.

Aeschbach-Hertig, W., Schlosser P., Stute M., Simpson H.J., Ludin A., Clark J.F.:

A $^3\text{H}/^3\text{He}$ study of ground water flow in a fractured bedrock aquifer. *Ground Water.* 36, 661–670 (1998)

Albrecht, A., Geering, J.-J., Froidevaux, P., Valley, J.-F.:

Archivierung atmosphärischer Radiocaesium- und Plutoniumdeposition in Bodenprofilen und deren Anwendung für atmosphärische Emissionsüberwachung. In: «Radioaktivität in Mensch und Umwelt», M. Winter, K. Henrichs, H. Doerfel (Hrsg.). TUV-Verlag, Köln 1998, S. 581–587.

Albrecht, A., Reiser, R., Lück, A., Stoll, J.-M.A., Giger, W.:

Radiocesium dating of sediments from lakes and reservoirs of different hydrological regimes. *Environ. Sci. & Technol.* 32, No. 13, 1882–1887 (1998). [2447]

Albrecht, A., Weidmann, Y.:

Umgebungsüberwachung im Spannungsfeld von Reglement und Anpassung am wissenschaftlichen Kenntnisstand. In: «Radioaktivität in Mensch und Umwelt», M. Winter, K. Henrichs, H. Doerfel (Hrsg.). TUV-Verlag, Köln, 1998, S. 802–807.

Amirbahman, A., Schönenberger, R., Johnson, C.A., Sigg, L.:

Aqueous- and solid-phase biogeochemistry of a calcareous aquifer system downgradient from a municipal solid waste landfill (Winterthur, Switzerland). *Environ. Sci. & Technol.* 32, No. 13, 1933–1940 (1998). [2503]

Arnold, C.G., Berg, M., Müller, S.R., Dommann, U., Schwarzenbach, R.P.:

Determination of organotin compounds in water, sediments, and sewage sludge using perdeuterated internal standards, accelerated solvent extraction, and large-volume-injection GC/MS. *Anal. Chem.* 70, No. 14, 3094–3101 (1998). [2442]

Arnold, C.G., Ciani, A., Müller, S.R., Amirbahman, A., Schwarzenbach, R.P.:

Association of triorganotin compounds with dissolved humic acids. *Environ. Sci. & Technol.* 32, No. 19, 2976–2983 (1998). [2505]

Baumann, B., van der Meer, J.R., Snozzi, M., Zehnder, A.J.B.:

Inhibition of denitrification activity but not of mRNA induction in *Paracoccus denitrificans* by nitrite at a suboptimal pH. *Antonie van Leeuwenhoek* 72, 189–193 (1997). [2394]

Baumgartner, T., Beer, J., Synal, H.-A.:

Geomagnetic modulation of the ^{36}Cl flux in the Summit GRIP ice core. *Science* 279, 1330–1332 (1998).

Beer, J., Tobias, S., Weiss N.:

An active sun throughout the Maunder Minimum. *Solar Physics* 181, 237–249 (1998).

Belevi, H., Langmeier, M., Mönch, H., Turban, Y., Müller, T., Baccini, P.:

Stoffbuchhaltung für eine Müllverbrennungsanlage, Müll und Abfall 30, No. 2, 82–94 (1998).

Beyerle, U., Purtschert, R., Aeschbach-Hertig, W., Imboden, D.M., Loosli, H.H., Wiler, R., Kipfer, R.:

Climate and groundwater recharge during the last glaciation in an ice-covered region. *Science* 282, 731–734 (1998). [2538]

Bichsel, Y., von Gunten, U.:

Determination of iodide and iodate by ion chromatography with postcolumn reaction and UV/visible detection. *Anal. Chem.* 71, No. 1, 34–38 (1999). [2527]

Bierman, P.R., Albrecht, A., Bothner, M., Brown, E.T., Bullen, T.D., Gray, L.B., Turpin, L.:

Erosion, weathering, and sedimentation. In: «Isotope tracers in catchment hydrology», J.J. McDonnell, C. Kendall (Eds.). Elsevier Science B.V., Amsterdam 1998, pp. 647–678. [2510]

Bloesch, J.:

Water quality and monitoring in Switzerland. 5th Conf. of Water Management in Republic of Macedonia, 19–20 March, 1998. Vodostopanstvo na Republika Makedonija – Petto Sovetuvanje, Struga, V/15: 30–35 (1998) [In Macedonian]

Bloesch, J., Frauenlob, G.:

Ecological functionality of the River Inn in view of man made impacts: Proposals for a sustainable development of the Inn catchment (Extended abstract of a literature study). In: «River restoration '96 – session lectures proceedings», H.O. Hansen, B.L. Madsen (Eds.). Internat. Conf. arranged by the European Centre for River Restoration. Nat. Environ. Res. Inst., Denmark, 1998, pp. 245–247; and Internat. Arbeitsgemeinschaft Donauforschung (IAD), Limnol. Ber. Donau 1997, Band 2: 223–228 (1998).

Bloesch, J., Peter, A., Frauenlob, G.:

Effects of technical impacts on alpine stream benthos and fish, and restoration proposals. Verh. Internat. Verein. Limnol. 26, 1193–1200 (1998). [2416]

Boersma, M., Spaak, P., De Meester, L.:

Predator-mediated plasticity in morphology, life-history and behaviour of prey species: the uncoupling of responses. American Naturalist 152, 237–248 (1998).

Boller, M.:

Kupfer: langfristig drohen irreversible Schäden. VGL-Information Nr. 3, 19–21 (1998). [2512]

Boller, M.:

Membranverfahren: Bereit für den grosstechnischen Einsatz. Kommunalmagazin 15, Nr. 7/8, 23–28 (1998). [2464]

Boller, M.:

Wasserversorgung im Spannungsfeld von Erhaltung und Erneuerung. Gas, Wasser, Abwasser 78, Nr. 6, 441–446 (1998). [2465]

Boller, M., Blaser, S.:

Particles under stress. Water Sci. Tech. 37, No. 10, 9–29 (1998). [2480]

Boller, M., Mottier, V.:

Wasserwirtschaftliche Bedeutung der Regenwasserversickerung am Beispiel einer Region. Z. für Kulturtechnik und Landentwicklung 39, 247–254 (1998). [2529]

Borner, S., Büsser, T., Eggen, R., Frutiger, A., Müller, R., Müller, S., Peter, A., Wasmer, H.R.:

Die Bekämpfung des Roten Sumpfkrebse (*Procambarus clarkii*) im Schübelweiher und Rumensee (Kanton Zürich). Auswertung der Massnahmen 1997. EAWAG, Dübendorf, März 1998, 22 S. [2378]

Brunke, M., Gonser, T.:

Biodiversität in Sedimenten von Fliessgewässern: Bedeutung lokaler Faktoren. DGL (Deutsche Gesellschaft für Limnologie) Tagungsbericht 1997: 139–142 (1998).

Brunke, M., Gonser, T., Grieder, E.:

The influence of surface and subsurface flow on distributions of particulate organic matter and inorganic fine particles in perialpine stream sediments. HeadWater-98, IHAS Publication No. 248, 371–378 (1998).

Brunke, M., Gonser, T., Grieder, E.:

Environmental gradient patterns in hyporheic interstices: A model based on hydrologic exchange processes. In: «Advances in river bottom ecology», G. Bretschko, J. Helesic (Eds.). Backhuys Publishers, Leiden NL 1998, pp. 23–30.

Bucheli, T.D., Müller, S.R., Heberle, S., Schwarzenbach, R.P.:

Occurrence and behavior of pesticides in rainwater, roof runoff and artificial stormwater infiltration. Environ. Sci. Technol. 32, 3457–3464 (1998). [2521]

Bucheli, T.D., Müller, S.R., Voegelin, A., Schwarzenbach, R.P.:

Bituminous roof sealing membranes as major sources of the herbicide (R,S)-Mecoprop in roof runoff waters: potential contamination of groundwater and surface waters. Environ. Sci. & Technol. 32, 3465–3471 (1998). [2522]

Bundi, U.:

Boden: mit Schäden leben – neue Schäden vermeiden. VGL-Information Nr. 4, 3 (1996). [2468]

Bundi, U.:

Modulares Konzept zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer. VSA Verbandsbericht Nr. 519, 296. Mitgliederversammlung vom 6.3.1998 in Bern, S. 4–16. [2471]

Bundi, U., Karagounis, I.:

Restwasser: Herausforderungen partnerschaftlich lösen. VGL-Information Nr. 2, 28 (1998).

Burckhardt-Gammeter, S., Fankhauser, R.:

Analysis of rainfall time series with regard to temporal disaggregation for the use in urban hydrology. Water Sci. Tech. 37, No. 11, 65–72 (1998). [2497]

Burckhardt-Gammeter, S., Fankhauser, R., Gujer, W.:

Regendaten für die Siedlungshydrologie – Regensimulator RAINDIS. Gas, Wasser, Abwasser 78, Nr. 11, 896–902 (1998).

Buerge, I.J., Hug, S.J.:

Influence of organic ligands on chromium(VI) reduction by iron(II). Environ. Sci. & Technol. 32, No. 14, 2092–2099 (1998). [2504]

Buerge, I.J., Hug, S.J.:

Chromium(VI) reduction by iron(II): influence of pH, organic ligands, and mineral surfaces. Proc. 16th world congress of soil science. 20–26 august 1998, Montpellier, France 1998, p. 112.

Bürgi, H.R., Jolidon, C.:

10 Jahre Seesänerung Hallwilersee. Die Reaktion des Planktons. Wasser, Energie, Luft 90, H. 5/6, 109–116 (1998). [2436]

Casey, W.H., Ludwig, C., Holmén, B.:

Toward understanding the rates of reactions at mineral surfaces. Proc. of the Rome Seminar on environmental geochemistry. L. Marini, G. Ottonello (Eds.), Pacini Editore, Pisa 1998, pp. 103–119. [2472]

Devlin, J.F., Klausen, J., Schwarzenbach, R.P.:

Kinetics of nitroaromatic reduction on granular iron in recirculating batch experiments. Environ. Sci. & Technol. 32, 1941–1947 (1998).

Dinkel, C., Müller, B., Wehrli, B.:

LISA – A lander for ion-selective analysis in freshwater systems. Mineral. Magazine 62A, 391–392 (1998).

Edenhofer, O., Jaeger, C.C.:

Power shifts. The dynamics of energy efficiency. *Energy Economics* 20, Nr. 5/6, 513–538 (1998).

Eggleston, C.M., Hug, S., Stumm, W., Sulzberger, B., dos Santos Afonso, M.:

Surface complexation of sulfate by hematite surfaces: FTIR and STM observations. *Geochim. Cosmochim. Acta* 62, No. 4, 585–593 (1998). [2433]

Eicher, C., Krejci, V.:

A new rainfall data system for urban hydrology in Switzerland. *Atmospher. Res.* 42, 177–198 (1996). [2414]

Einfalt, T., Arnbjerg-Nielsen K., Fankhauser, R., Rauch, W., Schilling, W., Nguyen, V.-T.-V., Despotovic, J.:

Use of historical rainfall series for hydrological modelling – workshop summary. *Water Sci. Tech.* 37, No. 11, 1–6 (1998).

Einfalt, T.V., Krejci, V., Schilling, W.:

Rainfall data in urban hydrology. In: «Hydroinformatics tools for planning, design, operation and rehabilitation of sewer systems», J. Marsalek, C. Maksimovic, E. Zeman, R. Price (Eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 1998, pp. 129–168,

Eisenmann, H., Harms, H., Meckenstock, R., Meyer, E.I., Zehnder, A.J.B.:

Grazing of a *Tetrahymena* sp. on adhered bacteria in percolated columns monitored by *in situ* hybridization with fluorescent oligo-nucleotide probes. *Appl. Environ. Microbiol.* 64, No. 4, 1264–1269 (1998). [2515]

Eisenmann, H., Traunspurger, W., Meyer, E.I.:

Community structure of selected micro- and meiobenthic organisms in sediment chambers from a prealpine river (Necker, Switzerland). In: «Advances in river bottom ecology», G. Bretschko, J. Helesic (Eds.). Backhuys Publishers, Leiden NL 1998, pp. 155–162.

Emmenegger, L., King, D.W., Sigg, L., Sulzberger, B.:

Oxidation kinetics of Fe(II) in a eutrophic Swiss lake. *Environ. Sci. & Technol.* 32, No. 19, 2990–2996 (1998). [2506]

Fäh, D., Rüttener, E., Noack, T., Kruspan, P.:

Microzonation of the city of Basel. *J. Seismol.* 1, 87–102 (1997). [2418]

Fankhauser, R.:

Measurement properties of tipping bucket rain gauges and their influence on urban runoff simulation. *Water Sci. Tech.* 36, No. 8/9, 7–12 (1997). [2391]

Fankhauser, R.:

Automatic determination of imperviousness in urban areas from digital orthophotos. UDM '98. 4th Internat. Conference on Developments in urban drainage modelling. 21–24 September 1998, London UK, pp. 321–326

Fankhauser, R.:

Automatische Bestimmung von befestigten Oberflächen aus digitalen Orthophotos. *Gas, Wasser, Abwasser* 78, Nr. 3, 167–172 (1998).

Fankhauser, R.:

Influence of systematic errors from tipping bucket rain gauges on recorded rainfall data. *Water Sci. Tech.* 37, No. 11, 121–129 (1998). [2541]

Fent, K.:

Effects of organotin compounds in fish: from the molecular to the population level. In: «Fish Ecotoxicology», T. Braunbeck, D.E. Hinton, B. Streit (Eds.). Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin 1998, p. 259–302. [2498]

Fent, K., Looser, P.:

Bioavailability and bioconcentration of organotins in aquatic organisms. *Amer. Chem. Soc., Ann. Conf., Dallas, Texas*, 1998, p. 119–121.

Fent, K., Woodin, B.R., Stegeman, J.J.:

Effects of triphenyltin and other organotins on hepatic mono-oxygenase system in fish. *Comparative Biochem & Physiol. Part C* 121, 277–288 (1998). [2539]

Fesch, C., Haderlein, S.B.:

Competitive sorption and multiple-species subsurface transport of nitroaromatic explosives: implications for their mobility at contaminated sites. In: «Groundwater quality: remediation and protection», M. Herbert, K. Kovar (Eds.), (IAHS publication; No. 250, Wallingford 1998, pp. 27–34). [2519]

Fesch, C., Lehmann, P., Haderlein, S.B., Hinz, C., Schwarzenbach, R.P., Flühler, H.:

Effect of water content on solute transport in a porous medium containing reactive micro-aggregates. *J. Contam. Hydrol.* 33, 211–230 (1998). [2492]

Fesch, C., Simon, W., Haderlein, S.B., Reichert, P., Schwarzenbach, R.P.:

Nonlinear sorption and nonequilibrium solute transport in aggregated porous media: experiments, process identification and modeling. *J. Contaminant Hydrology* 31, No. 3/4, 373–407 (1998). [2462]

Friedl, G., Dinkel, C., Wehrli, B.:

Benthic fluxes of nutrients in the northwestern Black Sea. *Marine Chem.* 62, 77–88 (1998).

Froehlich, K., Imboden, D., Kipfer, R., Rozanski, K.:

Dynamics of the Caspian Sea: isotope techniques in the study of environmental change. *Proc. Int. Sympos. Vienna, IAEA-SM-349/21*, 249–263, 1998.

Frutiger, A.:

Walking on suckers – new insights into the locomotory behavior of larval net. In: winged midges (Diptera: Blephariceridae). *J. North Amer. Benthol. Soc.* 17, No. 1, 104–120 (1998). [2415]

Frutiger, A., Gammeter, S.:

Faunistics and altitudinal distribution of net-winged midges (Diptera: Blephariceridae) in Switzerland and Liechtenstein. *Mitt. Schweiz. Entomol. Ges.* 71, 115–124 (1998). [2411]

Gächter, R., Ngatiah, J.M., Stamm, C.:

Transport of phosphate from soil to surface waters by preferential flow. *Environ. Sci. & Technol.* 32, No. 13, 1865–1869 (1998). [2445]

Gächter, R., Wehrli, B.:

Ten years of artificial mixing and oxygenation: No effect on the internal phosphorus loading of two eutrophic lakes. *Environ. Sci. & Technol.* 32, 3659–3665 (1998). [2524]

Gaspard, S., Vazquez, F., Holliger, C.:

Localization and solubilization of the iron(III) reductase of *Geobacter sulfurreducens*. *Appl. Environ. Microbiol.* 64, No. 9, 3188–3194 (1998). [2514]

Geist, D.R., Joy, M.C., Lee, D.R., Gonser, T.:

A new method for installing piezometers in large cobble-bed rivers. *Groundwater Monitoring and Remediation* 18, No. 1, 78–82 (1998).

Gessner, M.O., Robinson, C.T., Ward, J.V.:

Leaf breakdown in streams of an alpine glacial flood plain: dynamics of fungi and nutrients. *J. North Amer. Benthol. Soc.* 47, 403–419 (1998)

Gonser, T.:

Substrate preferences and activity patterns of two Leptophlebiidae (Ephemeroptera) species from southern Chile. *Limnologica* 27, 281–299 (1997).

Goss, K.-U., Schwarzenbach, R.P.:

Gas/solid and gas/liquid partitioning of organic compounds: critical evaluation of the interpretation of equilibrium constants. *Environ. Sci. & Technol.* 32, No. 14, 2025–2032 (1998). [2448]

Goudsmit, G.-H., Peeters, F., Gloor, M., Wüest, A.:

Boundary versus internal diapycnal mixing in stratified natural waters. *J. Geophys. Res.* 102, No. C13, 27 903–27 914 (1997). [2425]

Güttinger, H.:

Probleme früher erkennen, besser kommunizieren und verhindern. Tagung «Macht uns die Umwelt krank?», 28. Mai 1998. VGL-Information Nr. 3, 4–5 (1998). [2531]

Güttinger, H.:

Auf dem Weg zu einer Bildung nach Mass. Erfahrungen und Visionen aus der Umwelt-Weiterbildung. *Neue Zürcher Ztg.* Nr. 243, 20.10.1998, Beilage «Studium und Beruf». [2530]

Harms, H.:

Bioavailability of dioxin-like compounds for microbial degradation. In: «Biodegradation of dioxins and furans», R.-M. Wittich (Ed.). Springer Verlag, Berlin and R.G. Landes Bioscience, Austin 1998, pp. 135–163. [2401]

Hartmann, A., Alder, A.C., Koller, T., Widmer, R.M.:

Identification of fluoroquinolone antibiotics as the main source of *umuC* genotoxicity in native hospital wastewater. *Environ. Toxicol. & Chem.* 17, No. 3, 377–382 (1998). [2380]

Hoehn, E.:

Solute exchange between river water and groundwater in headwater environments (keynote paper), *HeadWater '98, Conf.*, Meran, Italy, April 1998, IAHS Publ., 248, 165–172 (1998).

Hoehn, E.:

Radionuclides in groundwaters: contaminants and tracers (invited paper), *Groundwater Quality '98 Conf.*, Tübingen, Germany, Sept. 1998, IAHS Publ., 250, 3–10 (1998).

Hoehn, E., Eikenberg, J., Fierz, T., Drost, W., Reichlmayr, E.:

The Grimsel migration experiment: field injection – withdrawal experiments in fractured rock with sorbing radionuclides. *J. Contam. Hydrol.* 34, 85–106 (1998). [2491]

Hofer, M., Imboden, D.M.:

Simultaneous determination of CFC-11, CFC-12, N₂, and Ar in Water. *Anal. Chem.* 70, No. 4, 724–729 (1998). [2388]

Hohmann, R., Hofer, M., Kipfer, R., Peeters, F., Imboden, D.M., Baur, H., Shimaraev, M.N.:

Distribution of helium and tritium in Lake Baikal. *J. Geophys. Res.* 103, No. C6, 12 823–12 838 (1998). [2459]

Hohmann, R., Kipfer, R., Peeters, F., Piepke, G., Imboden, D.M., Shimaraev, M.N.:

Processes of deep-water renewal in Lake Baikal. *Limnol. Oceanogr.* 42, No. 5, 841–855 (1997). [2389]

Hoigné, J.:

Chemistry of aqueous ozone and transformation of pollutants by ozonation and advanced oxidation processes. In: «The handbook of environmental chemistry», Vol. 3: «Quality and treatment of drinking water II», J. Hrubec (Ed.). Springer Verlag, Berlin, Heidelberg 1998, pp. 83–141. [2412]

Holliger, C., Hahn, D., Harmsen, H. Ludwig, W., Schumacher, W., Tindall, B., Vazquez, V., Weiss, N., Zehnder, A.J.B.:

Dehalobacter restrictus gen. nov. and sp. nov., a strictly anaerobic bacterium that reductively dechlorinates tetra- and trichloroethene in an anaerobic respiration. *Arch. Microbiol.* 169, 313–321 (1998). [2427]

Hügel, K., Larsen, T.A., Gujer, W.:

Strukturierte Öko-Inventare in der Abwasserreinigung. *Gas, Wasser, Abwasser* 78, Nr. 7, 537–543, (1998).

Huggenberger, P., Hoehn, E., Beschta, R., Woessner, W.:

Abiotic aspects of channels and floodplains in riparian ecology. *Freshwater Biol.* 40, 1–21 (1998).

Imboden, D.:

The influence of biogeochemical processes on the physics of lakes. In: «Physical processes in lakes and oceans», J. Imberger (Ed.). *Coastal and Estuarine Studies* 54, 591–612 (1998). [2546]

Ingallinella, A.M., Stecca, L.M., Wegelin, M.:

Up-flow roughing filtration: rehabilitation of a water treatment plant in Tarata, Bolivia. *IAWQ, Water Science & Technology* 37, No. 9 (1998).

Jaeger, C.C.:

Risk management and integrated assessment. *Environmental Modeling and Assessment* 3, 211–225 (1998).

Jaeger, C.C., Renn, O., Rosa, E.A., Webler, T., Cantor, R., McDonnell, G., Edenhofer, O., Funtowicz, S., Rayner, S., Ravetz, J., Sergen, G.:

Decision analysis and rational action. In: «Human choice and climate change», Vol. 3, S. Rayner, E. Malone (Eds.). *The Tools for Policy Analysis*. Battelle Press, Columbus, Ohio 1998, pp. 141–215.

Jancarkova, I., Larsen, T.A., Gujer, W.:

Distribution of nitrifying bacteria in a shallow stream. *Water Sci. Tech.* 36, No. 8/9, 161–166 (1997). [2392]

Jans, U., Hoigné, J.:

Activated carbon and carbon black catalyzed transformation of aqueous ozone into OH-radicals. *Ozone Sci. & Engng.* 20, 67–90 (1998). [2451]

Johnson, C.A., Richner, G.A., Vitvar, T., Schnittli, N., Eberhard, M.:

Hydrological and geochemical factors affecting leachate composition in municipal solid waste incinerator bottom ash. Part I: The hydrology of landfill Lostorf, Switzerland. *J. Contam. Hydrol.* 33, 361–376 (1998). [2490]

Jucker, B.A., Harms, H., Zehnder, A.J.B.:

Polymer interactions between five gram-negative bacteria and glass investigated using LPS micelles and vesicles as model systems. *Colloids & Surfaces B: Biointerfaces* 11, No. 1/2, 33–45 (1998). [2475]

Jucker, B.A., Zehnder, A.J.B., Harms, H.:

Quantification of polymer interactions in bacterial adhesion. *Environ. Sci. & Technol.* 32, No. 19, 2909–2915 (1998). [2502]

Känel, B., Matthäi, C.D., Uehlinger, U.:

Disturbance by aquatic plant management in streams: effects by benthic invertebrates. *Regulated Rivers Res. & Management* 14, 341–356 (1998). [2456]

Känel, B., Uehlinger, U.:

Effects of plant cutting and dredging on habitat conditions in streams. *Arch. Hydrobiol.* 143, No. 3, 257–273 (1998). [2499]

Kanz, C., Nölke, M., Fleischmann, T., Kohler, H.-P.E., Giger, W.:

Separation of chiral biodegradation intermediates of linear alkylbenzenesulfonates by capillary electrophoresis. *Anal. Chem.* 70, No. 5, 913–917 (1998). [2426]

Kersten, M., Schulz-Dobrick, B., Lichtensteiger, T., Johnson, C.A.:

Speciation of Cr in leachates of a MWSI bottom landfill. *Environ. Sci. & Technol.* 32, No. 10, 1398–1403 (1998). [2444]

Klausen, J., Meier, M.A., Schwarzenbach, R.P.:

Assessing the fate of organic contaminants in aquatic environments: mechanism and kinetics of hydrolysis of a carboxylic ester. *J. Chem. Education* 74, No. 12, 1440–1444 (1997).

Knauer, K., Ahner, B., Xue, H.B., Sigg, L.:

Metal and phytochelatin content in phytoplankton from freshwater lakes with different metal concentrations. *Environ. Toxicol. & Chem.* 17, No. 12, 2444–2452 (1998). [2525]

Koch, G., Siegrist, H.:

Separate biologische Faulwasserbehandlung – Nitrifikation und Denitrifikation. 208. VSA Mitgliederversammlung, 14.5.1998 in Zürich, S. 34–48. [2439]

Kocsis, O., Mathis, B., Gloor, M., Schurter, M., Wüest, A.:

Enhanced mixing in narrows: a case study at the Mainau sill (Lake Constance). *Aquatic Sci.* 60, 236–252 (1998). [2496]

Kovářová, K., Egli, T.:

Growth kinetics of suspended microbial cells: from single-substrate-controlled growth to mixed-substrate kinetics. *Microbiol. & Molecular Biol. Rev.* 62, No. 3, 646–666 (1998). [2518]

Krejci, V., Krebs, P., Schilling, W.:

Integrated urban drainage management. In: «Hydroinformatic tools for planning, design, operation and rehabilitation of sewer systems», J. Marsalek, C. Maksimovic, E. Zeman, R. Price (Eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 1998, pp. 475–505.

Krejci, J., Krejci, V., Musilova, S., Stransky, D.:

Rainfall data monitoring an application for urban hydrology in the Czech Republic. *Water Sci. Technol.* 37, No. 11, 91–96 (1998).

Kytzia, S.:

Wie kann man Stoffhaushaltssysteme mit ökonomischen Daten verknüpfen? Ein erster Ansatz am Beispiel der Wohngebäude. In: «Ressourcen im Bau. Aspekte einer nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung im Bauwesen», T. Lichtensteiger (Hrsg.). vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich 1998, S. 69–79.

Kytzia, S., Friedrich, S., von Fischer, C.:

Gewohntes Verändern. Leitfaden für den Entwurf von Umbauszenarien. In: «Netzstadt. Transdisziplinäre Methoden zum Umbau urbaner Systeme», P. Baccini, F. Oswald (Hrsg.). vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich 1998, S. 88–124.

Lendenmann, U., Egli, T.:

Kinetic models for the growth of *Escherichia coli* with mixtures of sugars under carbon-limited conditions. *Biotechnol. & Bioengng.* 59, No. 1, 99–107 (1998). [2428]

Leveau, J.H.J., Zehnder, A.J.B., van der Meer, J.R.:

The *tfdK* gene product facilitates uptake of 2,4-dichlorophenoxyacetate by *Ralstonia eutropha* JMP134(pJP4). *J. Bacteriol.* 180, No. 8, 2237–2243 (1998). [2429]

Livingstone, D.M.:

An example of the simultaneous occurrence of climate-driven «sawtooth» deep-water warming/cooling episodes in several Swiss lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26, 822–828 (1997). [2396]

Livingstone, D.M., Lotter, A.F.:

The relationship between air and water temperatures in lakes of the Swiss Plateau: a case study with palaeolimnological implications. *J. Palaeolimnol.* 19, 191–198 (1998). [2424]

Looser, P.W., Bertschi, S., Fent, K.:

Bioconcentration and bioavailability of organotin compounds: influence of pH and humic substances. *Appl. Organomet. Chem.* 12, 601–611 (1998). [2501]

Looser, P.W., Fent, K.:

Bioconcentration and bioavailability of organotin compounds: influence of pH and humic substances. *Appl. Organometallic Chem.* 12, 601–611 (1998).

Loosli, H.H., Lehmann, B., Aeschbach-Hertig, W., Kipfer, R., Edmunds, M., Eichinger, L., Rozanski, K., Stute, M., Vaikmäe, R.:

Tools used to study paleoclimate help in water management. *EOS Transact.* 79, 576+582 (1998).

Lotter, A.F.:

The recent eutrophication of Baldeggersee (Switzerland) as assessed by fossil diatom assemblages. *The Holocene* 8, 395–405 (1998).

Lotter, A.F., Birks, H.J.B., Hofmann, W., Marchetto, A.:

Modern Diatom, Cladocera, Chironomid, and Chrysophyte cyst assemblages as quantitative indicators for the reconstruction of past environmental conditions in the Alps. I. Climate. *J. Paleolimnology* 18, 395–420 (1997). II. Nutrients. *J. Paleolimnology* 19, 443–463 (1998).

Matthäi, C.D., Werthmüller, D., Frutiger, A.:

An update on the quantification of stream drift. *Arch. Hydrobiol.* 143, 1–19 (1998). [2509]

Maurer, M., Abramovich, D., Siegrist, H., Gujer, W.:

Kinetics of biologically induced phosphorus precipitation in wastewater treatment. *Water Res.* 33, No. 2, 484–493 (1998).

Maurer, M., Gujer, W.:

Dynamic modelling of enhanced biological phosphorus and nitrogen removal in activated sludge systems. *Water Sci. Technol.* 38, No. 1, 203–210 (1998). [2542]

Maurer, M., Siegrist, H.:

Nitrifikation und Denitrifikation im Wirbelbettverfahren. 208. VSA Mitgliederversammlung, 14.5.1998 in Zürich, S. 6–17. [2438]

McArdell, C.S., Stone, A.T., Tian, J.:

Reaction of EDTA and related aminocarboxylate chelating agents with Co(III)OOH (heterogenite) and Mn(III)OOH (manganite). *Environ. Sci. & Technol.* 32, 2923–2930 (1998).

Meckenstock, R., Steinle, P., van der Meer, J.R., Snozzi, M.:

Quantification of bacterial mRNA involved in degradation of 1,2,4-trichlorobenzene by *Pseudomonas* sp. strain P51 from liquid culture and from river sediment by reverse transcriptase PCR (RT/PCR). *FEMS Microbiol. Lett.* 167, 123–129 (1998). [2535]

Méndez-Alvarez, S., Eggen, R.I.L.:

A rapid microwave method to extract plasmid DNA from *Saccharomyces cerevisiae* suitable for the transformation of *Escherichia coli*. *Biotechnol. Techniques* 12, No. 8, 605–606 (1998). [2460]

Mengis, M., Gächter, R., Wehrli, B., Bernasconi, S.:

Nitrogen elimination in two deep eutrophic lakes. *Limnol. Oceanogr.* 42, No. 7, 1530–1543 (1997). [2431]

Mikkelsen, P.S., Häfliger, M., Ochs, M., Jacobsen, P.,**Tjell, J.C., Boller, M.:**

Pollution of soil and groundwater from infiltration of highly contaminated stormwater – a case study. *Water Sci. Tech.* 36, No. 8/9, 325–330 (1997). [2393]

Minshall, G.W., Robinson, C.T.:

Macroinvertebrate community structure in relation of lotic habitat heterogeneity. *Arch. Hydrobiol.* 147, No. 2, 129–151 (1998). [2399]

Minshall, G.W., Robinson, C.T., Lawrence, D.E.:

Postfire responses of lotic ecosystems in Yellowstone National Park, U.S.A. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54, 2509–2525 (1997). [2432]

Minshall, G.W., Robinson, C.T., Royer, T.V.:

Stream ecosystem responses to the 1988 wildfires. *Yellowstone Science* 6, 15–22 (1998).

Mookerji, N., Heller, C., Meng, H.J., Bürgi, H.R., Müller, R.:

Diel and seasonal patterns of food intake and prey selection by *Coregonus* sp. in re-oligotrophicated Lake Lucerne, Switzerland. *J. Fish Biol.* 52, 443–457 (1998). [2413]

Moser-Engeler, R., Udert, K.M., Wild, D., Siegrist, H.:

Products from primary sludge fermentation and their suitability for nutrient removal. *Water Sci. Tech.* 38, No. 1, 265–273 (1998). [2543]

Müller, B., Lotter, A.F., Sturm, M., Ammann, A.:

Influence of catchment quality and altitude on the water and sediment composition of 68 small lakes in Central Europe. *Aquatic Sci.* 60, 316–337 (1998). [2544]

Müller, B., Stierli, R., Buis, K., Wehrli, B.:

High spatial resolution measurements in lake sediments with PVC based liquid membrane ion-selective electrodes. *Limnol. Oceanogr.* 43, 1728–1733 (1998).

Müller, B., Wehrli, B.:

Anwendung von chemischen Sensoren in Sediment-Porenwasser. In: «Mikrobiologische Charakterisierung aquatischer Sedimente – Methodensammlung», A. Remde, P. Tippmann (Bearb.), Verein. Allg. & Angew. Mikrobiol. (Hrsg.). R. Oldenbourg Verlag, München, Wien 1998, S. 232–244. [2452]

Müller, B., Stierli, R., Wehrli, B.:

In situ measurements in lake sediments with chemical sensors. *Mineral. Magazine* 62A, 1034–1035 (1998).

Müller, R., Bia, M.M.:

Adaptive management of whitefish stocks in lakes undergoing re-oligotrophication: the Lake Lucerne example. In: «Biology and management of coregonid fishes – 1996», R. Eckmann, A. Appenzeller, R. Roesch (Eds.). *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol* 50, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1998, pp. 391–399. [2478]

Müller, S.R., Wehrli, B., Wüest, A., Xue, H.B., Sigg, L.:

The fate of trace pollutants in natural waters – Lakes as «Real-World Test Tubes». *Chimia* 51, 935–940 (1997).

Müller Dick, R., Wehrli, B., Siegrist, H.:

Elektromagnetische Wasserbehandlung. EAWAG, Kastanienbaum, August 1997, 3 S. [2377]

Naegeli, M.W., Uehlinger, U.:

Contribution of the hyporheic zone to ecosystem metabolism in a prealpine gravel-bed river. *J. North. Amer. Benthol. Soc.* 16, No. 4, 794–804 (1997). [2395]

Niel, E.W.J. van, Appeldoorn, K.J., Zehnder, A.J.B.,**Kortstee, G.J.J.:**

Inhibition of anaerobic phosphate release by nitric oxide in activated sludge. *Environ. Microbiol.* 64, 2925–2930 (1998).

Noack, P., Kruspan, P., Fäh, D., Rüttener, E.:

A detailed rating scheme for seismic microzonation based on geological and geotechnical data and numerical modelling applied to the city of Basel. *Ecl. Geol. Helv.* 90, 433–448 (1997). [2419]

Pahl-Wostl, C.:

Dynamic structure of a food web model: comparison with a food chain model. *Ecolog. Modelling* 100, No. 1/3, 103–123 (1997). [2477]

Pahl-Wostl, C.:

Ecosystem organization across a continuum of scales: a comparative analysis of lakes and rivers. In: «Scale issues in ecology», D. Peterson, T. Parker (Eds.). Columbia University Press, New York 1998, pp. 141–170.

Pahl-Wostl, C.:

Netzwerktheorie – Analyse von Stoff- und Energietransfers. Handbuch der Umweltwissenschaften, Band 2: Grundlagen der Ökosystemtheorie. ECOMED Verlagsgesellschaft AG, Zürich 1998, S. 1–12.

Pahl-Wostl, C.:

Systemdenken in der Ökologie und in den Umweltwissenschaften. In: «Systemwissenschaften: Situation und Perspektiven», E. Schwarz, N.D. Michel (Hrsg.). Publikationen des Schweizer Wissenschaftsrats. 1998, S.109–114. (1998).

Pahl-Wostl, C., Jaeger, C.C., Rayner, S., Schär, C., Van Asselt, M., Imboden, D.M., Vckovski, A:

Integrated assessment of climate change and the problem of indeterminacy. In: «Views from the Alps: Regional perspectives on climate change», P. Cebon, U. Dahinden, H.C. Davies, D.M. Imboden, C.C. Jaeger (Eds.). The MIT Press, Cambridge, MA 1998, pp. 435–498.

Pelinger, J.A., Buschmann, J., Angst, W., Schwarzenbach, R.P.:

Iron porphyrin and mercaptojuglone mediated reduction of polyhalogenated methanes and ethanes in homogeneous aqueous solutions. *Environ. Sci. & Technol.* 32, 2431–2437 (1998). [2523]

Peter, A.:

Interruption of the river continuum by barriers and the consequences for migratory fish. In: «Fish migration and fish bypasses», M. Jungwirth, S. Schmutz, S. Weiss (Eds.). Fishing News Books, London 1998, pp. 99–112.

Peter, A., Staub, E., Ruhlé, C., Kindle, T.:

Situation der Bach- und Regenbogenforelle im Alpenrheintal und Auswirkungen auf die Bewirtschaftung. *Schweiz. Fischereiwissenschaft* 15, Nr. 2, 5–10 (1998).

Pianta, R., Boller, M., Janex, M.-L., Chappaz, A., Birou, B., Ponce, R., Walther, J.-L.:

Micro- and ultrafiltration of karstic spring water. *Desalination* 117, 61–71 (1998). [2540]

Piñar, G., Kovářová, K., Egli, T., Ramos, J.L.:

Influence of carbon source on nitrate removal by nitrate-tolerant *Klebsiella oxytoca* CECT 4460 in batch and chemostat cultures. *Appl. Environ. Microbiol.* 64, No. 8, 2970–2976 (1998). [2517]

Poiger, T., Field, J.A., Field, T.M., Siegrist, H., Giger, W.:

Behavior of fluorescent whitening agents during sewage treatment. *Water Res.* 32, No. 6, 1939–1947 (1998). [2473]

Power, M., van der Meer, J.R., Tchelet, R., Egli, T., Eggen, R.:

Molecular-based methods can contribute to assessments of toxicological risks and bioremediation strategies. *J. Microbiol. Methods* 32, No. 2, 107–119 (1998). [2476]

Qian, J., Xue, H.B., Sigg, L., Albrecht, A.:

Complexation of cobalt by natural ligands in freshwater. *Environ. Sci. & Technol.* 32, No. 14, 2043–2060 (1998). [2463]

Rauch, W., Henze, M., Koncsos, L., Reichert, P., Shanahan, P., Somlyódy, L., Vanrolleghem, P.:

River water quality modeling: I. State of the art. *Water Sci. Tech.* 38, No. 11, 237–244 (1998).

Ravatn, R., Studer, S., Springael, D., Zehnder, A.J.B., van der Meer, J.R.:

Chromosomal integration, tandem amplification, and deamplification in *Pseudomonas putida* F1 of a 105-kilobase genetic element containing the chlorocatechol degradative genes from *Pseudomonas* sp. strain B13. *J. Bacteriology*, 180, 4360–4369 (1998). [2513]

Ravatn, R., Studer, D., Zehnder, A.J.B., van der Meer, J.R.:

Int-B13, an unusual site-specific recombinase of the bacteriophage P4 intergrase family, is responsible for chromosomal insertion of the 105-kilobase *clc* element of *Pseudomonas* sp. strain B13. *J. Bacteriol.* 180, No. 21, 5505–5514 (1998). [2533]

Ravatn, R., Zehnder, A.J.B., van der Meer, J.R.:

Low-frequency horizontal transfer of an element containing the chlorocatechol degradation genes from *Pseudomonas* sp. Strain B13 to *Pseudomonas putida* F1 and to indigenous bacteria in laboratory-scale activated-sludge microcosms. *Appl. Environ. Microbiol.* 64, No. 6, 2126–2132 (1998). [2430]

Real, M., Bader, H.-P., Scheidegger, R., Baccini, P.:

Dynamische Stoffflussanalyse am Beispiel der Photovoltaik. *Analysen* 98 RIO Management Forum Luzern. RIO Impuls Luzern, 5.–6. Nov. 1998.

Rinne, B., Künzli, R., Livingstone, D.M.:

A new high-resolution method of measuring PAR profiles in aquatic environments. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26, 2385–2390 (1998). [2494]

Robinson, C.T., Gessner, M.O., Ward, J.V.:

Leaf breakdown and associated macroinvertebrates in alpine glacial streams. *Freshwater Biol.* 40, 215–228 (1998). [2536]

Robinson, C.T., Gessner, M.O., Ward, J.V.:

Laubbau in verschiedenen Fließgewässertypen einer glazialen Schwemmebene (extended abstract). *Proc. 1997 Meeting German Soc. Limnol.*, vol 2, pp. 530–534 (1998).

Robinson, C.T., Minshall, G.W.:

Regional assessment of wadable streams in Idaho, USA. *Great Basin Naturalist* 58, No. 1, 54–65 (1998). [2398]

Robinson, C.T., Minshall, G.W.:

Macroinvertebrate communities, secondary production, and life history patterns in two adjacent streams in Idaho, USA. *Arch. Hydrobiol.* 142, 257–281 (1998). [2493]

Rügge, K., Hofstetter, T.B., Haderlein, S.B., Bjerg, P.L., Knudsen, S., Zraunig, C., Mosbæk, H., Christensen, T.H.:

Characterization of predominant reductants in anaerobic leachate-contaminated aquifer by nitroaromatic probe compounds. *Environ. Sci. & Technol.* 32, No. 1, 23–31 (1998). [2443]

Schäfer, A., Harms, H., Zehnder, A.J.B.:

Bacterial accumulation at the air-water interface. *Environ. Sci. & Technol.* 32, No. 23, 3704–3712 (1998). [2526]

Schäfer, A., Ustohal, P., Harms, H., Stauffer, F., Dracos, T., Zehnder, A.J.B.:

Transport of bacteria in unsaturated porous media. *J. Contam. Hydrol.* 33, No. 1/2, 149–169 (1998). [2488]

Schlumpf, C., Behringer, J., Dürrenberger, G., Pahl-Wostl, C.:

The personal CO₂-calculator: a modeling tool for participatory integrated assessment methods. *Environ. Modeling & Assessment* 4, No. 1 (1999).

Schwenk, K., Sand, A., Boersma, M., Brehm, M., Mader, E., Offerhaus, D., Spaak, P.:

Genetic markers, genealogies and biogeographic patterns in cladocerans. *Aquatic Ecology* 32, 37–51 (1998).

Shanahan, P., Henze, M., Koncsos, L., Rauch, W., Reichert, P., Somlyódy, L., Vanrolleghem, P.:

River water quality modeling: II. Problems of the Art. *Water Sci. Tech.* 38, No. 11, 245–252 (1998).

Siegrist, H.:

Optimierungsmassnahmen bei stark belasteten Belebungsanlagen. Einführung in die Tagung. 208. VSA Mitgliederversammlung, 14.5.1998 in Zürich, S. 2–3. [2437]

Siegrist, H., Reithaar, S., Lais, P.:

Nitrogen loss in a nitrifying rotating contactor treating ammonium rich leachate without organic carbon. *Water Sci. Tech.* 17, No. 4–5, 589–591 (1998). [2420]

Sigg, L.:

Partitioning of metals to suspended particles. In: «Metals in surface waters», Allen, H.E., Garrison, A.W., Luther, G.W. III (Eds.). Ann Arbor Press, Chelsea, USA, 1998, pp. 217–235.

Simoni, S.F., Harms, H., Bosma, T.N.P., Zehnder, A.J.B.:

Population heterogeneity affects transport of bacteria through sand columns at low flow rates. *Environ. Sci. & Technol.* 32, No. 14, 2100–2105 (1998). [2450]

Sinke, A.J.C., Dury, O., Zobrist, J.:

Effects of fluctuating water table: column study on redox dynamics and fate of some organic pollutants. *J. Contam. Hydrol.* 33, 231–246 (1998). [2489]

Somlyódy, L., Henze, M., Koncsos, L., Rauch, W., Reichert, P., Shanahan, P., Vanrolleghem, P.:

River water quality modeling: III. Future of the Art. *Water Sci. Tech.* 38, No. 11, 253–260 (1998).

Spaak, P.:

Hybridization in the *Daphnia galeata* complex: are hybrids locally produced? *Hydrobiologia* 360, 127–133 (1997). [2422]

Spaak, P., Boersma, M.:

Tail spine length in the *Daphnia galeata* complex: costs and benefits of induction by fish. *Aquatic Ecology* 31, 89–98 (1997). [2441]

Spaak, P., Ringelberg, J.:

Differential behaviour and shifts in genotype composition during the beginning of a seasonal period for diel vertical migration. *Hydrobiologia* 360, 177–185 (1997). [2423]

Stamm C., Flühler, H., Gächter, R., Leuenberger, J., Wunderli, H.:

Preferential transport of phosphorus in drained grassland soils. *J. Environ. Quality* 27, No. 3, 515–522 (1998). [2511]

Stoll, J.-M.A., Giger, W.:

Mass balance for detergent-derived fluorescent whitening agents in surface waters of Switzerland. *Water Res.* 32, No. 7, 2041–2050 (1997). [2474]

Stoll, J.-M.A., Ulrich, M.M., Giger, W.:

Dynamic behavior of fluorescent whitening agents in Greifensee: field measurements combined with mathematical modeling of sedimentation and photolysis. *Environ. Sci. & Technol.* 32, No. 13, 1875–1881 (1998). [2446]

Strauss, M., Heinss, U., Montangero, A.:

When pits are full – selected issues in faecal sludge (FS) management. *SANDEC News* No. 4, 18–21 (1999).

Strauss, M., Heinss, U., Montangero, A.:

Excreta news – field research progress in faecal sludge (FS) treatment. *SANDEC News* No. 4, 22–27 (1999).

Stumm, W.:

Discussion on «a mechanistic description of Ni and Zn sorption on Na-montmorillonite» (Part 1 and Part 2). *J. Contam. Hydrol.* 28, 3–4 (1997). [2400]

Suske, W.A., Kohler, H.-P.E., Held, M., Wubbolts, G., Schmid, A.:

2-hydroxybiphenyl 3-monooxygenase, a novel member of the group of FAD-containing aromatic hydroxylases. In: «Flavins and Flavoproteins 1996», K.J. Stevenson et al. (Eds.), Univ. of Calgary Press, Calgary 1997, pp. 383–386. [2434]

Tillman, D., Larsen, T.A., Pahl-Wostl, C., Gujer, W.:

Modeling the actors in water supply systems. *Proc. Aquatech '98*, Conference on application of models in water management, Amsterdam, 24./25.9.1998.

Tockner, K., Schiemer, F., Ward, J.V.:

Conservation by restoration: the management concept for a river-floodplain system on the Danube River in Austria. *Aquatic Conserv. Marine & Freshwater Ecosyst.* 8, 71–86 (1998). [2421]

Tockner, K., Schiemer, F., Ward, J.V.:

The restoration concept for a river-floodplain system on the Danube River in Austria. In: «River restoration '96», H.O. Hansen, B.L. Madsen (Eds.). Session Lectures Proceedings, National Environmental Research Institute, Denmark, 199–204 (1998).

Tros, E.M., Schraa, G., Zehnder, A.J.B., Bosma, T.N.P.:

Anomalies in the transformation of 3-chlorobenzoate in percolation columns with *Pseudomonas* sp. strain B13. *Water Sci. Tech.* 37, No. 8, 89–96 (1998). [2479]

Truffer, B., Bloesch, J., Bratrich, C., Wehrli, B.:

«Ökostrom»: Transdisziplinarität auf der Werkbank. *GAIA* 7, No. 1, 26–35 (1998).

Truffer, B., Cebon, P., Dürrenberger, G., Jaeger, C.C., Rudel, R., Rothen, S.:

Innovative responses in the face of global climate change. In: «Views from the Alps. Towards regional assessments of climate change», P. Cebon, U. Dahinden, H. Davies, D. Imboden, C.C. Jaeger (Eds.). MIT-Press, Cambridge, Mass. 1998, pp. 351–434.

Uehlinger, U., Nägeli, W.:

Ecosystem metabolism, disturbance, and stability in a prealpine gravel bed river. *J. North. Amer. Benthol. Soc.* 17, No. 2, 165–178 (1998). [2457]

Uehlinger, U., Zah, R., Bürgi, H.R.:

The Val Roseg project: temporal and spatial patterns of benthic algae in an Alpine stream ecosystem influenced by glacier runoff. In: «Hydrology, water resources and ecology in headwaters», K. Kovar, U. Tappeiner, N.E. Peters, R.G. Craig (Eds.). IAHS Press, Wallingford, UK 1998, pp. 419–424. [2454]

van der Meer J.R.:

Bakterien: die unsichtbaren Helfer. *Schweiz. Tech. Z., Technik Aktuell* 5, 44–47 (1998). [2532]

van der Meer, J.R., Werlen, C., Noshino, S.F., Spain, J.C.:

Evolution of pathway for chlorobenzene metabolism leads to natural attenuation in contaminated groundwater. *Appl. Environ. Microbiol.* 64, No. 11, 4185–4193 (1998). [2534]

van der Meer, J.R., Zepp, K., Eggen, R.:

Modern methods for detection of microorganisms and their activity. *Bio World* 3, No. 5, 3–8 (1998). [2528]

van Niel, E.W.J., Appeldoorn, K.J., Zehnder, A.J.B., Kortstee, G.J.J.:

Inhibition of anaerobic phosphate release by nitric oxide in activated sludge. *Appl. Environ. Microbiol.* 64, No. 8, 2925–2930 (1998). [2516]

Volkland, H.-P., Harms, H., Wanner, O., Zehnder, A.J.B.:

Neue Wege im Korrosionsschutz – Bakterielle Phosphatierung von Stahl. In: «DECHEMA-Jahrestagungen '98», Bd. I: 16. Jahrestagung der Biotechnologen. DECHEMA, Frankfurt am Main 1998, S. 275–276.

von Gunten, U., Oliveras, Y.:

Advanced oxidation of bromide-containing waters: bromate formation mechanisms. *Environ. Sci. & Technol.* 32, 63–70 (1998).

Ward, J.V.:

A running water perspective of ecotones, boundaries, and connectivity. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 26, 1165–1168.

Ward, J.V., Bretschko, G., Brunke, M., Danielopol, D., Gibert, J., Gonser, T., Hildrew, A.G.:

The boundaries of riversystems: the metazoan perspective. *Freshwater Biology* 40, No. 3, 531–569 (1998).

Ward, J.V., Burgherr, P., Gessner, M.O., Malard, F., Robinson, C.T., Tockner, K., Uehlinger, U., Zah, R.:

The Val Roseg project: habitat heterogeneity and connectivity gradients in a glacial flood-plain system. In: «Hydrology, water resources and ecology in headwaters», K. Kovar, U. Tappeiner, N.E. Peters, R.G. Craig (Eds.). IAHS Press, Wallingford, UK 1998, pp. 425–432. [2455]

Ward, J.V., Voelz, N.J.:

Altitudinal distribution patterns of surfacewater and groundwater faunas. In: «Advances in river bottom ecology», G. Bretschko, J. Helesic (Eds.). Backhuys Publ., Leiden 1998, pp. 135–142. [2381]

Wegelin, M., Ahmed, R., Ahmed, N.:

Progress in solar water disinfection (SODIS), sanitation and water for all. 24th WEDC Conference, Islamabad 1998, pp. 384–388.

Wegelin, M., Sommer, B.:

Solar water disinfection (SODIS) – destined for worldwide use?, *Waterlines* 76, No. 3, 30–32 (1998)

Wegelin, M., Vermeul, S.:

Solar water disinfection: an update of a success story. *SANDEC News* No. 4, 16–17 (1999).

Weissmahr, K.W., Haderlein, S.B., Schwarzenbach, R.P.:

Complex formation of soil minerals with nitroaromatic explosives and other π -acceptors. *Soil Sci. Soc. of Amer. J.* 62, No. 2, 369–378 (1998). [2458]

Wellnitz, T.A., Ward, J.V.:

Does light intensity modify the effect mayfly grazers have on periphyton? *Freshwater Biology* 39, 135–149 (1998).

Witschel, M., Egli, T.:

Purification and characterization of a lyase from the EDTA-degrading bacterial strain DSM 9103 that catalyzes the splitting of [S,S]-ethylenediaminedisuccinate, a structural isomer of EDTA. *Biodegradation* 8, 419–428 (1998). [2500]

Wüest, A., Gloor, M.:

Bottom boundary mixing: the role of near-sediment density stratification. In: «Physical processes in lakes and oceans», J. Imberger (Ed.). *Coastal and Estuarine Studies* 54, 485–502 (1998). [2545]

Xue, H.B., Sigg, L.:

Cadmium speciation and complexation by natural organic ligands in fresh water. *Anal. Chim. Acta* 363, 249–259 (1998). [2417]

Zehnder, A.J.B.:

Is water the first resource to control demographic development. In: «Food & water: a question of survival». Forum Engelberg, 8th Conf. 18.–21.3.1997. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich 1997, pp. 85–98. [2376]

Zipper, C., Bunk, M., Zehnder, A.J.B., Kohler, H.-P.E.:

Enantioselective uptake and degradation of the chiral herbicide dichlorprop [(RS)-2-(2,4-Dichlorophenoxy)propanoic acid] by *Sphingomonas herbicidovorans* MH. *J. Bacteriol.* 180, No. 13, 3368–3374 (1998). [2461]

Zipper, C., Suter, M.J.-F., Haderlein, S.B., Gruhl, M., Kohler, H.-P.E.:

Changes in the enantiomeric ratio of (R)- to (S)-mecoprop indicate *in situ* biodegradation of this chiral herbicide in a polluted aquifer. *Environ. Sci. & Technol.* 32, No. 14, 2070–2076 (1998). [2449]

Zollhöfer, J., Gonser, T.:

A method for assessing human impacts on springs in Switzerland. In: «Hydrology, water resources and ecology of mountain areas – Topic 11: Assessment of environmental impact», U. Tappeiner,

F.V. Ruffini, M. Fumai (Eds). HeadWater '98, Conf., Meran, Italy, April 1998, pp. 277–284.

Zurbrügg, C.:

The challenge of solid waste disposal in developing countries. SANDEC News No. 4, 10–14 (1999).

Zurbrügg, C., Ahmed, R.:

Enhancing community motivation and participation in solid waste management. SANDEC News No. 4, 2–6 (1999).

Zurbrügg, C., Aristanti, C.:

Resource recovery in a primary collection scheme in Indonesia. SANDEC News No. 4, 7–9 (1999).

Bücher und Schriftenreihe der EAWAG

Gedruckte Dissertationen s. S. 91

Albrecht, A.:

The behavior of nuclear reactor derived metallic radionuclides in the aquatic system of Switzerland. Schriftenreihe der EAWAG Nr. 13, Dübendorf-Zürich 1998, XVIII + 105 pp. ISBN 3-906484-19-X.

Baccini, P., Dürrenberger, G., Friedrich, S., Oswald, F.:

Stadt an der Wigger. Impulse für die Zukunft setzen. Zwischenbericht zum Workshop vom 1.–5.6.1998 in Aarburg. ETH-ORL und EAWAG, Zürich und Dübendorf 1998, 39 Seiten.

Baccini, P., Oswald, F.:

Netzstadt. Transdisziplinäre Methoden zum Umbau urbaner Systeme. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich 1998, 300 Seiten, broschiert. Fr. 58.–. ISBN 3-7281-2627-6.

Belevi, H.:

Environmental Engineering of Municipal Solid Waste Incineration. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich 1998, 148 S. ISBN 3-7281-2659-4.

Brancelj, A., De Meester, L., Spaak, P. (Eds.):

Cladocera: the biology of model organisms. Proc. 4th Internat. Symposium on Cladocera, Postojna, Slovenia, 8–15 August 1996. (Reprinted from *Hydrobiologia* 360, 1997) Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London 1997. ISBN 0-7923-5052-9.

Bundi, U., Frutiger, A., Göldi, C., Hütte, M., Kupper, U., Liechti, P., Meier, W., Niederhauser, P., Peter, A., Sieber, U., von Blücher, U., Willi, H.P.:

Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fließgewässer: Modul-Stufen-Konzept. Mitteilungen zum Gewässerschutz Nr. 26 (Vollzug Umwelt). Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern 1998, 43 Seiten. [2537]

Burckhardt-Gammeter, S., Fankhauser, R., Gujer, W.:

Regendaten für die Siedlungshydrologie. Entwicklung eines Regensimulators für die Extrapolation von 1-Minuten-Daten für die Anwendung in der Siedlungshydrologie. Schriftenreihe der EAWAG Nr. 14, Dübendorf-Zürich 1998, III + 52 S. ISBN 3-906484-20-3.

Cebon, P., Dahinden, U., Davies, H.C., Imboden, D.M., Jaeger, C.C. (Eds.):

Views from the Alps. Towards regional assessments of climate change. MIT-Press, Cambridge, Mass. 1998, 515 pp.

Dürrenberger, G., Behringer, J.:

Die Fokusgruppe in Theorie und Anwendung. Ein Leitfaden. Hrsg.: Akademie für Technikfolgenabschätzung Baden-Württemberg. Reihe Leitfaden, Bd. 1, Stuttgart 1999. ISBN 3-932013-42-5.

Fent, K.:

Umwelt- und Ökotoxikologie. Thieme-Verlag, Stuttgart 1998, 300 Seiten. ISBN 3-13-109991-7.

Harms, S., Truffer, B.:

The emergence of a nation-wide carsharing co-operative in Switzerland. A case study for the project «Strategic niche management as a tool for transition to a sustainable transportation system». Report to the European Commission, DG XII, 1998, 75 pp.

Harms, S., Truffer, B.:

Stimulating the market for lightweight electric vehicles. The experience of the Swiss Mendrisio project. A case study for the project «Strategic niche management as a tool for transition to a sustainable transportation system». Report to the European Commission, DG XII, 1998, 56 pp.

Heinss, U., Larmie, S.A., Strauss, M.:

Solids separation and pond systems for the treatment of faecal Sludges in the tropics – Lessons learnt and recommendations for preliminary design. SANDEC Report No. 5, Dübendorf 1998, 74 pp.

Jaeger, C., Beck, A., Bieri, L., Dürrenberger, G., Rudel, R.:

Klimapolitik: Eine Chance für die Schweiz. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich 1998, 140 Seiten, ISBN 3-7281-2570-9.

Knie, A., Berthold, O., Harms, S., Truffer, B.:

Die Neuerfindung urbaner Automobilität. Elektroautos in den USA und in Europa. Berlin, Sigma 1999. ISBN 3-89404-186-2.

Lichtensteiger, T. (Hrsg.):

Ressourcen im Bau. Aspekte einer nachhaltigen Ressourcenbewirtschaftung im Bauwesen. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich 1998, 138 Seiten. Fr. 49.–. ISBN 3-7281-2638-1.

Stanford, J.A., Gonser, T. (Eds.):

Rivers in the landscape: riparian and groundwater ecology. Special Issue of *Freshwater Biology* 40, No. 3, 401–585 (1998).

Stumm, W.:

Corrosion of metals in aquatic systems: an introduction. Schriftenreihe der EAWAG Nr. 12, Dübendorf-Zürich 1998, 39 pp., ISBN 3-906484-18-1.

Wegelin, M., Galvis, G., Latorre, J.:

La filtración gruesa en el tratamiento de agua de fuentes superficiales, Publicación SANDEC No. 4/98, Intermediate Technology Publications, London 1998, 180 pages. ISBN 3-908001-72-2.

Wüest, A. (Ed.):

Physical processes in natural waters. Special Issue of *Aquatic Sci.* 60, No. 3, 189–277 (1998).

Tätigkeit in Kommissionen, Arbeitsgruppen etc.

- Abwassertechnische Vereinigung ATV: Fachausschuss 2.1 «Anforderungen an die Abwasserbehandlung», Mitglied **Vladimir Krejci**
- Abwassertechnische Vereinigung ATV, Arbeitsgruppe 2.1.1 «Weitergehende Anforderungen an die Mischwasserbehandlung», Mitglied **Vladimir Krejci**
- Abwassertechnische Vereinigung ATV, Arbeitsgruppe 2.1.7 «Kosteneffizienz bei der Regenwasserbehandlung» (Vorsitz) **Vladimir Krejci**
- Abwassertechnische Vereinigung ATV: Fachausschuss 2.6. «Aerobe biologische Abwasserreinigungsverfahren» **Willi Gujer**
- Accreditation Committee for Research Schools in the Netherlands, Member **Alexander J.B. Zehnder**
- Ad-hoc-Arbeitsgruppe «DDT im Lago Maggiore» **Stephan Müller**
- Ad-hoc-Arbeitsgruppe im Rahmen der Pariskommission zum Thema der Eutrophierung im Nordost-Atlantik **René Gächter**
- Advisory Board of Environmental Science and Technology, Member **Alexander J.B. Zehnder**
- Advisory Committee of Global Applied Research Network (GARNET) **Roland Schertenleib**
- Aguasan, Schweiz. Koordinationsgruppe im Bereich Wasserversorgung und Siedlungshygiene in Entwicklungsländern **Roland Schertenleib, Martin Strauss, Martin Wegelin**
- Aktionsplan Sozialwissenschaften ETH Zürich **Bernhard Wehrli**
- Arbeitsgemeinschaft «Renaturierung des Hochrheins», Mitglied **Jürg Bloesch**
- Arbeitsgemeinschaft Material- und Energieflussrechnung (Deutschland), Mitglied **Susanne Kytzia**
- Arbeitsgemeinschaft zum Schutz der Aare ASA, Vizepräsident **Jürg Bloesch**
- Arbeitsgruppe «Forschungspolitische Früherkennung» des Schweiz. Wissenschaftsrates **Joan S. Davis**
- Arbeitsgruppe «Ökostromlabel» Energie 2000 Bundesamt für Energie **Bernhard Truffer**
- Arbeitsgruppe «Umwelttoxikologie Zürich», Mitglied **Karl Fent**
- Arbeitsgruppe Anstellungsbedingungen ETH-Bereich, Teilprojekt Management, Vorsitz **Hans Wasmer**
- Arbeitsgruppe für operationelle Hydrologie der Landeshydrologie **Joan S. Davis**
- Arbeitsgruppe Microbial Physiology, European Federation for Biotechnology, Delegierter der SGM, Sekretär Working Party **Thomas Egli**
- Arbeitsgruppe Modulkonzept Seen (BUWAL/EAWAG/Gewässerschutzamt des Kantons Bern/Wasserversorgung Zürich) **Hans Rudolf Bürgi, René Gächter, Beat Müller, Stephan Müller**
- Arbeitsgruppen für die Projektevaluationen der städtischen Kläranlagen Bern und Luzern **Hansruedi Siegrist**
- Arbeitskreis «Chemikalienbewertung», Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie, Gesellschaft Deutscher Chemiker **Stefan Haderlein**
- AWWA Research Foundation «Emerging Technology Group» **Markus Boller**
- Baikal International Center of Ecological Research (BICER), Irkutsk, Russland: Wissenschaftliches Sekretariat **Rolf Kipfer**
- Baudelegierter für die Forschungsanstalten EMPA/EAWAG/WSL, Vorsitzender der Baukommission (BAKO-3FA) **Hans Wasmer**
- Benthosbiologische Beurteilung der Fliessgewässer (Stufe F); Erarbeitung der Methode, BUWAL/EAWAG **Andreas Frutiger**
- Beratende Kommission Sondermülldeponie Kölliken, Mitglied **Hans Wasmer**
- Berufungskommission für den Direktor des Instituts für Limnologie in Mondsee, Österreich **James Ward**
- Bundesamt für Landwirtschaft, Projektgruppe «Evaluation der Ökomassnahmen» **Stephan Müller**
- Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF, Deutschland, Experte **Karl Fent**
- BUWAL/Schweiz. Gesellschaft für Hydrogeologie: Arbeitsgruppe «Wegleitung zur Ausscheidung von Grundwasserschutzzonen und Zuströmbereichen» **Eduard Hoehn**
- BUWAL Arbeitsgruppe: «Abfallentsorgung in Zementwerken», Gesamtarbeitsgruppe und Technische Spezialkommission **Thomas Lichtensteiger**
- BUWAL Arbeitsgruppe: «Endokrine Effekte», Mitglieder **Karl Fent, Walter Giger**
- BUWAL Arbeitsgruppe: «Halogenierte Essigsäuren in der Schweiz», Mitglied **Stephan Müller**
- BUWAL Arbeitsgruppe: «Kormoran und Fische», Mitglied **Rudolf Müller**
- BUWAL Arbeitsgruppe: «Ökologische Kriterien mineralischer Baustoffe», Gesamtarbeitsgruppe und Ausschuss A: Beton/neue Baustoffe **Thomas Lichtensteiger**
- BUWAL Arbeitsgruppe: «TVA-Revision» **C. Annette Johnson**
- BUWAL Arbeitsgruppe: «Verbrennungsrückstände» **C. Annette Johnson**
- BUWAL-Expertengruppe «Gefährdungsabschätzung Altlasten», Mitglied **Hans Wasmer**
- Commission des relations internationales du CEFP (CRICEFP) **Theresa Büsser**
- Commission informatique du Conseil des Ecoles Polytechniques Fédérales (CICEPF) **Gabriel Piepke**
- Commissione internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere: EAWAG-Vertreterin **Renata Behra**
- Committee on Emerging Drinking Water Contaminants, U.S. National Academy of Sciences, Mitglied **Walter Giger**
- Committee for the SPINOZA Prize, Member **Alexander J.B. Zehnder**
- COST 67 «Chemodynamics in Porous Media», Vertreter der Schweiz **Jürg Zobrist**
- COST 520: Biofouling and Materials **Oskar Wanner**
- COST 682: Working Group on Sustainable Urban Water Management, Vorsitz: **Willi Gujer**, Mitglied: **Tove Larsen**
- Delegierter der Abteilung für Umweltnaturwissenschaften (Abt. XB) in der Konferenz der Dozenten der ETH (ehemals Dozentenkommission) **Karl Fent**
- Deutscher Verband des Gas- und Wasserfachs, Delegierter SVGW, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Arbeitskreis «Wasserschutzgebiete» **Eduard Hoehn**
- Division of Chemistry and Environment, European Federation of the Chemical Industry **Walter Giger**
- DVGW-Arbeitskreis «Partikelentfernung», Gast **Markus Boller**
- DVGW/LAWA Ausschuss «Wasserschutzgebiete» (Vertretung des SVGW) **Eduard Hoehn**
- Editorial Board of Antonie van Leeuwenhoek, Member **Alexander J.B. Zehnder**
- Editorial Board of Aquatic Geochemistry, Member **Laura Sigg**
- Editorial Board of Biogeochemistry, Member **Alexander J.B. Zehnder**
- Editorial Board of GAIA, Members **Peter Baccini, Walter Giger**
- Editorial Board of Journal of Contaminant Hydrology, Member **Alexander J.B. Zehnder**
- Editorial Board of Regulated Rivers, Member **James Ward**
- Editorial Board of Technological Innovation and Human Resources, Member **Gregor Dürrenberger**

- Eidg. Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau FAL, Zürich-Reckenholz: Begleitende Expertengruppe, Mitglied **Ueli Bundi**
- Eidg. Heimarbeitskommission, Wissenschaftlicher Sachverständiger **Carlo C. Jaeger**
- Eidg. Kommission für AG-Schutz (KOMAC), Arbeitsgruppe Messorganisation **Jürg Beer**
- Eidg. Kommission zur Überwachung der Radioaktivität (KUeR), Mitglieder: **Renata Behra, Jürg Beer**
- European Commission, Expert for Evaluation of Research Proposals for «Biotechnology» Framework Programme IV **Thomas Egli**
- European Inland Fisheries Advisory Commission of FAO/EIFAC: Arbeitsgruppe «Habitat – Fish» **Armin Peter**
- European Inland Fisheries Advisory Commission of FAO/EIFAC: Sub-Commission III «Protection of the Aquatic Resource», Chairman **Rudolf Müller**
- European Network of Fresh Water Research Organizations EurAqua **Walter Wagner**
- European Photochemistry Association, Executive Committee **Silvio Canonica**
- European Pollen Database (EPD), member of the Steering Committee **André F. Lotter**
- European Science Foundation (ESF): European Lake Drilling Project (ELDP), Steering Committee, member **Michael Sturm**
- European Society for Quantum Solar Energy Conversion (ESQSEC), Scientific Board **Barbara Sulzberger**
- Expert group for «Persistent organic pollutants (POPs)», Internat. Soc. of Environmental Chemistry and Toxicology (SETAC) **Stefan Haderlein**
- Expertengruppe Gesamtsynthese des Schwerpunktprogrammes Umwelt des Schweizer Nationalfonds **Claudia Pahl-Wostl**
- Expertengruppe Ozon des Schweizerischen Vereins für das Gas- und Wasserfach (SVGW) **Urs von Gunten**
- Expertengruppe Umweltradioaktivität des Bundesamtes für Gesundheitswesen BAG **Achim Albrecht, Jürg Beer**
- Fachausschuss «Oxidationsmittel in der Wasseraufbereitung» des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches (DVGW) **Urs von Gunten**
- Fachkommission für Umwelttoxikologie BUWAL, Mitglied: **René P. Schwarzenbach**; (Vertretung von René Schwarzenbach bis April 1999: **Beate Escher**)
- GEP-Zustandsbericht Fliessgewässer; Erarbeitung der Methode, VSA-Arbeitsgruppe **Andreas Frutiger**
- Global Collaborative Council for Water Supply and Sanitation CCWSS, member **Roland Schertenleib**
- Global Collaborative Council for Water Supply and Sanitation CCWSS: Working Group «Promotion of Sanitation», member **Roland Schertenleib**
- Global Collaborative Council for Water Supply and Sanitation CCWSS: Working Group «Environmental Sanitation», Vorsitzender **Roland Schertenleib**
- Gordon Research Conference, Il Ciocco, Italy, Co-Chairman: **Alexander J.B. Zehnder**
- Gruppe für operationelle Hydrologie der Landeshydrologie und Geologie (LHG), Arbeitsgruppe Feststoffbeobachtung; Mitglied: **Michael Sturm**
- Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren, Senatsmitglied: **Alexander J.B. Zehnder**
- Hydrologischer Atlas der Schweiz, Mitglied der Atlaskommission **Hans Wasmer**
- IAWPRC: Governing Board **Willi Gujer**
- IAWPRC: Task Group on Mathematical Modelling for Design and Operation of Biological Wastewater Treatment **Willi Gujer**
- IAWPRC: Technical and Scientific Committee **Willi Gujer**
- IAWQ Task Group on River Water Quality Modelling **Peter Reichert**
- IAWQ/IAHR Specialist Group on Urban Storm Drainage: Urban Rainfall **Rolf Fankhauser**
- IAWQ Biofilm Specialist Group **Oskar Wanner**
- Informations- und Koordinationsorgan Umweltbeobachtung (IKUB) des EDI, Mitglied **Jürg Zobrist**
- Interdisziplinärer Arbeitskreis «Umweltbiotechnologie Boden» der DECHEMA (Dt. Ges. für Chem. Apparatewesen, Chem. Technik und Biotechnologie e.V.) **Hauke Harms**
- Internat. Advisory Board und Aufsichtsrat des Wuppertal-Instituts **Joan S. Davis**
- Internat. Arbeitsgemeinschaft Donauforschung (IAD), Präsident **Jürg Bloesch**
- Internat. Association for Sediment Water Science (IAWS), Board of Directors **Jürg Bloesch**
- Internat. Association of Hydrological Sciences, Secretary Internat. Comm. on Groundwater (ICGW) **Eduard Hoehn**
- Internat. Association on Water Quality IAWQ: Joint Group on Solids Separation, Member Organizing Committee **Markus Boller**
- Internat. Committee on Microbial Ecology, ICOME, Member Executive Committee **Alexander J.B. Zehnder**
- Internat. Geosphere-Biosphere Programme, Mitglied Landeskomitee Schweiz **Jürg Beer**
- Internat. Gewässerschutzkommission für den Bodensee: Arbeitsgruppen «See» und «Umland», Sachverständiger **Heinrich Bühner**
- Internat. Gewässerschutzkommission für den Bodensee: Ökotoxikologie **Karl Fent**
- Internat. Gewässerschutzkommission für den Bodensee: Sachverständiger der Arbeitsgruppe «See» **Hans Rudolf Bürgi**
- Internat. Kommission für den Schutz der italienisch-schweizerischen Grenzgewässer, Wissenschaftlich-technische Subkommission, Experte **Rudolf Müller**
- Internat. Kommission zum Schutze des Rheins gegen Verunreinigungen: Arbeitsgruppe «Gewässerqualität» **Laura Sigg**
- Internat. Vereinigung für Limnologie (IVL-SIL), Landesvertreter der Schweiz **Jürg Bloesch**
- International Association on Water Quality IAWQ: Specialist Group on Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse **Martin Strauss**
- IWSA Research Committee **Markus Boller**
- Journal of Paleolimnology, Associate Editor **André F. Lotter**
- Kantonale Einführungskurskommission für Chemielaboranten-Lehrlinge, Mitglied **Max Reutlinger**
- Kantonale Prüfungskommission der Laborantenberufe, Präsident **Max Reutlinger**
- Kommission «Biochemische Arbeitsmethoden» der Fachgruppe Wasserchemie in der Gesellschaft Deutscher Chemiker **Hans-Peter Kohler**
- Kommission für Angewandte Mikrobiologie der Schweiz. Gesellschaft für Mikrobiologie **Thomas Egli**
- Kommission für die nukleare Entsorgung (KNE) des Bundesamtes für Energiewirtschaft, Mitglied **Michael Sturm**
- Kommission für Generelle Entwässerungsplanung der Stadt Prag, Mitglied **Vladimir Krejci**
- Kommission für Umweltwissenschaften der Schweiz. Hochschulkonferenz, Vertreter der ETHZ **René P. Schwarzenbach**
- Kompetenzverbund Risiko und Sicherheitswissenschaft KOVERS, Mitglied Geschäftsleitender Ausschuss **Hans Wasmer**
- Kompetenzzentrum Analytische Chemie an der ETH Zürich, Board of Directors **René P. Schwarzenbach**
- Kompetenzzentrum Analytische Chemie an der ETH Zürich, Board of Directors **Walter Giger**
- Kompetenzzentrum Analytische Chemie ETH Zürich **Bernhard Wehrli**
- Konzept Naturnahe Räume: Kommission für die Schulleitung der ETH, Mitglied **James Ward**

- KVA Linthgebiet, Baukommission, Experte **Hans Wasmer**
- Landeshydrologie und -geologie, Gruppe «Isotope und Umwelt», Mitglied **Jürg Beer**
- Leitungsausschuss für Technologiefolgeabschätzung des Schweiz. Wissenschaftsrates, Mitglied **Peter Baccini**
- Lenkungsausschuss «Strategie Nachhaltigkeit» im ETH-Bereich, Vorsitzender **Alexander J.B. Zehnder**
- Max-Planck-Institut für Limnologie, Plön, Deutschland, Wissenschaftlicher Beirat, Mitglied **James Ward**
- Mitglied der Arbeitsgruppe «Toxikologie» der ETH und Universität Zürich **Karl Fent**
- Nationales Programm für die analytische Daueruntersuchung von Fließgewässern NADUF, Mitglieder: **Adrian Ammann, Joan S. Davis, Laura Sigg, Jürg Zobrist**
- Netherlands Committee for the Admission of Graduate Schools, ECOS, Member **Alexander J.B. Zehnder**
- Neue Schweizerische Chemische Gesellschaft, Vorstand der Sektion «Analytische Chemie», Vorstandsmitglied **Walter Giger**
- OECD workshop «Molecular Technologies for Safe Drinking Water», Interlaken, Chairman **Alexander J.B. Zehnder**
- OECD-Experte, Schweizer Delegierter für «Endocrine Disrupters» **Karl Fent**
- OECD: Experte für aquatische Ökotoxikologie **Herbert Güttinger**
- OECD: Schweiz. Delegierter für Bioremediation **Thomas Egli**
- Österreichische Akademie der Wissenschaften, Kuratorium Limnologie, Mitglied **James Ward**
- Otto-Jaag-Gewässerschutzpreis, Mitglied der Jury **James Ward**
- ÖWAV, Fachgruppe Abfallwirtschaft, Ausschuss «Deponien im Festgestein» **Eduard Hoehn**
- PAGES PEP III Swiss representative **André F. Lotter**
- Planungskommission der ETH Zürich, Mitglied **René P. Schwarzenbach**
- Presse- und Informations-Sitzung PRIS des ETH-Bereichs **Theresa Büsser**
- Rheinaubund, Co-Präsident **Jürg Bloesch**
- Russian Academy of Science-Sibirian Branch (RAS-SB) and National Science Foundation of Switzerland (SNF): Baikal International Center of Ecological Research (BICER), delegate **Michael Sturm**
- RVR-NOVE, Prozessteam «Immobilien Management» Mitglied **Hans Wasmer**
- Sachverständiger für Ökotoxikologie in Baden-Württemberg, Institut für Technikfolgenabschätzung, Stuttgart **Karl Fent**
- Schweiz. Akademie für Naturwissenschaften SANW: Ausschuss des GeoForums CH, Mitglied **Michael Sturm**
- Schweiz. Akademie für Naturwissenschaften SANW: Kommission für Ozeanographie und Limnologie, Mitglied **Michael Sturm**
- Schweiz. Akademie für Naturwissenschaften SANW: Permafrost-Koordinationsgruppe, Mitglied **Eduard Hoehn**
- Schweiz. Akademie für Naturwissenschaften SANW: Redaktionskomitee der Zeitschrift «Aquatic Sciences», Chefredaktor: **Peter Bossard**, Mitglieder: **Hans Rudolf Bürgi, Heinrich Bühner, René Gächter, Tom Gonser, Christof Holliger, Rudolf Müller, Michael Sturm, Bernhard Wehrli**
- Schweiz. Akademie für Naturwissenschaften SANW: Schweiz. Kommission für Umweltbeobachtung, SKUB **Joan S. Davis**
- Schweiz. Gesellschaft für Hydrogeologie: Arbeitsgruppe «Karst», Mitglied **Jürg Zobrist**
- Schweiz. Gruppe für Massenspektrometrie, Vorstandsmitglied **Marc Suter**
- Schweiz. Kommission für Forschungspartnerschaft mit Entwicklungsländern **Roland Schertenleib**
- Schweiz. Normenvereinigung, IBN/TK Nr. 107 «Wasserbeschaffenheit», Vorsitz: **Jürg Zobrist**, Experte: **Renata Behra**
- Schweiz. Vereinigung für Gewässerschutz und Lufthygiene VGL, Geschäftsleitender Ausschuss: Präsident **Ueli Bundi**
- Schweizer Wissenschaftsrat: Begleitgruppe des Projekts «Potential der Systemwissenschaften in der Schweiz» **Claudia Pahl-Wostl**
- Schweizerische Hydrologische Kommission **Alfred Wüest**
- Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches SVGW, Kommission für Wasserfragen, Mitglied **Markus Boller**
- Scientific Advisory Committee of Rhône-Poulenc S.A., Member **Alexander J.B. Zehnder**
- SCOPE – Groundwater Project, Co-Chairman of the Scientific Advisory Committee **Alexander J.B. Zehnder**
- SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Kommission für Grundsatzfragen **Thomas Lichtensteiger**
- SIGA/ASS Schweiz. Interessengemeinschaft für Abfallverminderung/Aktion Saubere Schweiz, Stiftungsrat, Mitglieder **Ueli Bundi, Thomas Lichtensteiger**
- SPP Schwerpunktprogramm Umwelt Modul 1: Sprecher des koordinierten Projektes Umweltdynamik in Vergangenheit und Gegenwart **André F. Lotter**
- Stadtentwässerung Zürich: Arbeitsgruppe «Optimierung Kläranlagenbetrieb» **Hansruedi Siegrist**
- Stiftung für Kunststoffintegration, Vizepräsident Stiftungsrat **Hans Wasmer**
- Subkommission 8 «Trinkwasser» für das Lebensmittelbuch des Bundesamtes für Gesundheitswesen, Vorsitz **Jürg Zobrist**
- Subteam NOVE IT (PO98) **Gabriel Piepke**
- Task Force Modul-Stufenkonzept Zustandbeurteilung der Fließgewässer, BUWAL/EAWAG **Andreas Frutiger**
- Technisch-wissenschaftliche Arbeitsgruppe zur Sanierung der Mittellandseen TWA (Baldeggersee, Sempachersee, Hallwilersee) **René Gächter, Alfred Wüest**
- UNESCO Internat. Geological Correlation Program, IGCP 374: Paleoclimatology and Paleooceanography from Laminated Sediments **André F. Lotter**
- Unterrichtskommission Abt. XB (Umweltnaturwissenschaften), Vorsitzender **René P. Schwarzenbach**
- Unterrichtskommission Abteilung XB, ETH Zürich **Bernhard Wehrli**
- Upper Mississippi River Long-Term Research Program, Advisory Board, member **James Ward**
- VSA – Verband Schweiz. Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, Vorstandsmitglied **Willi Gujer**
- VSA- Kommission «Genereller Entwässerungsplan», Mitglied **Vladimir Krejci**
- VSA-Kommission «Abfallwirtschaft» **C. Annette Johnson**
- VSA-Kommission «Chemie und Ökologie» **Urs Uehlinger**
- VSA-Kommission «Datenstruktur Siedlungsentwässerung» **Daniel Bernasconi**
- VSA-Kommission «Ganzheitlicher Gewässerschutz», Vorsitzende **Tove Larsen**
- VSA-Kommission «Kleinkläranlagen» **Markus Boller**
- VSA-Kommission «Messtechnik in der Siedlungsentwässerung» **Hansruedi Siegrist**
- VSA-Kommission «Optimierung Siedlungsentwässerung» **Hansruedi Siegrist**
- VSA-Kommission «Regendaten für die Siedlungsentwässerung», Vorsitz **Vladimir Krejci**
- VSA-Kommission «Regenwasserentsorgung» **Markus Boller**
- VSS: Subkommission «Strassenentwässerung» **Markus Boller**
- Wahlkommission Bodenchemie ETH Zürich **Bernhard Wehrli**
- Wissenschaftlicher Beirat des Forschungszentrums Karlsruhe, Mitglied **Peter Baccini**
- Wissenschaftlicher Beirat des Umweltforschungszentrum, Leipzig UFZ **René P. Schwarzenbach**

Abgeschlossene Diplom- arbeiten, Dissertationen und Habilitationen

Diplomarbeiten

Ambrosini, Gianluca

Blephariceriden und Gebirgsbäche: Die Funktion der Strömung, des Abflusses und der Flussbettmorphologie für die Verfügbarkeit von Habitaten (ETHZ)

Arnet, Markus und Furter, Simon

Entsorgungssystem der Stadt Zug (ETHZ)

Arrigoni, André

Variantenstudium zur Kanalnetzsteuerung eines grösseren Einzugsgebietes (ETHZ)

Bartels, Thorsten

Spurenanalytik von Phenylharnstoff-Herbiziden (ETHZ)

Baumgartner, Daniel

Zytotoxizität und Cytochrom-P450-Induktion in Fischleberzellen durch Deponiesickerwässer, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und nitrierte polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe. (ETHZ)

Blunsi, Michel und Manser, Reto

Modellverifikation und Verfahrensoptimierung für eine alternierende Denitrifikation, ARA Glarnerland (ETHZ)

Bonjour, Cyrill

Modellierung des Wärmeaustausches über die Wasseroberfläche eines Gebirgsbachs (ETHZ)

Brandenberger, Laurent

Phosphorbilanz um das System «Biologie und Nachklärung» (ETHZ)

Brodbeck, Sandro

Regionaler Wasserhaushalt der Langete (ETHZ)

Brodersen, Christine

Einfluss der Oberflächencharakterisierung auf die Niederschlag-Abfluss-Simulation in Siedlungsgebieten (ETHZ)

Buri, René und Schildknecht, Lukas

Ammoniak-Ausgasung beim Transport von anthropogenen Nährstoffen in der Kanalisation (ETHZ)

Eggenschwiler, Lisa

Genetische Untersuchungen an der Daphnia-Population im Greifensee unter zeitlich-räumlichem Aspekt (ETHZ)

Elsner, Martin

Reduktive Dehalogenierung von polyhalogenierten Ethanen in Aquifer-Sedimentsäulen (ETHZ)

Emmenegger, Michael

Methodenentwicklung zur Analyse von Vitellogenin in den Fischzelllinien PLHC-1 und RTL-W1 (ETHZ)

Engeli, Barbara

Physiologie und Enzymatik des EDTA-abbauenden Stammes DSM 9103 beim Wachstum mit N,N'-EDDA und IDA (Universität Zürich)

Fassnacht, Barbara Lena

Die Ephemeropteren- und Plecopteren-Zönosen in Schnee- und Gletscherschmelzbächen im Einzugsgebiet der Furkareuss, Kanton Uri, Schweiz (Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br.)

Franz, Stefan

Einfluss der zeitlichen Diskretisierung von Regendaten auf die numerische Abflussmodellierung in Mischwasserkanalisationen (Fallbeispiel: Kanalisationssystem Bauma) (ETHZ)

Fuchs, Barbara

Einfluss der Sedimentqualität auf die natürliche Fortpflanzung der Felchen (*Coregonus* sp.) im eutrophen Sempachersee (ETHZ)

Gienal, Claudio und Kühni, Mathias

Bilanzierung des Sauerstoffs in der Kanalisation (ETHZ)

Goslings, David

Regulation of gene expression of the 2-hydroxybiphenyl degradation pathway in *Pseudomonas* sp. B13 (ETHZ)

Graber, Andrea

Fische in einer Aquakultur zur Nährstoffrückgewinnung aus Prozesswasser einer Kompogas®-Anlage (ETHZ)

Haller, Sabine

Development and application of a bioreporter for octane based on the green fluorescent protein (Universität Zürich)

Hieber, Margit

Dekomposition und Besiedlung von Falllaub in einem Mittelgebirgsbach: Ein Zehnjahresvergleich. (Universität des Saarlandes)

Holenstein, Matthias

Untersuchung atmosphärischer Transportprozesse mittels der kosmogenen Radionuklide ⁷Be und ¹⁰Be (ETHZ)

Insermini, Lorenz

Parameterbestimmung für das revidierte Arbeitsblatt A131 (ETHZ)

Kissling, Kornelia

Energieabschätzung Wirbelbettverfahren (ETHZ)

Klaus, Thomas

Induktion von Cytochrom P4501A in Fisch-Hepatomazellen durch polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), nitrierte PAK und Azaarene (ETHZ)

Klein, Birgit

Chemisch-physikalische und faunistische Charakterisierung hochalpiner Quellen im Val Roseg (Engadin, Schweiz) (Justus-Liebig-Universität Giessen)

Koller, Guntram

Anwendung von aquatischen Toxizitätsdaten in der Risikoanalyse von Chemikalien (ETHZ)

Köpfli, André und Schmid, Aron

Evaluation technischer Verfahren im Zeitungsdruck (NZZ) (ETHZ)

Märki, Martin

Buchser Weiher (LU): Wasserbilanz und Nährstoffeintrag durch das Grundwasser (ETHZ)

Mathys, Philipp

Characterization and application of a bioreporter for octane batch on the lux genes (ETHZ)

Medilanski, Edi

Einfluss der Verbrennungstechnik in Wirbelschicht-, Etagen- und Drehrohröfen (ETHZ)

Montagnero, Agnes

Eignung von Aktivkohle und Eisenhydroxid zum Rückhalt von organischen Stoffen bei der Versickerung von Meteorwasser (ETHZ)

Moosmann, Lorenz

Effekte kleinskaliger Strömungen auf die Besiedlung von Blephariceriden-Larven in Gebirgsbächen (ETHZ)

Moscoso, Andreas

Einsatz von Sekundärressourcen in der spanischen Zementindustrie (ETHZ)

Mutscheler, Raimund und Locher, Nicole

Der Alpgasthof Dürrboden – ein ökologisches Energiekonzept (ETHZ)

Nussbaumer, Florian

Die Methode der Stoffflussanalyse am Beispiel Flughafen Zürich (ETHZ)

Puskas, Andras und Sommer, Daniel

Güter- und Energieumsätze in der Konservenfabrik Bischofszell (ETHZ)

Ramisch, Felix

Kalziumkreislauf im Nordbecken des Luganersees (ETHZ)

Roos, Maria

Effects of triphenyltin on the predator-prey relationship between larval dragonflies and *Rana temporaria* tadpoles (Universität Zürich)

Ruf, Wolfgang

Konzeptstudie zur Bewirtschaftung eines Stauraumkanals mittels Simulationsrechnungen – Untersuchungen am Fuchslochstollen im Netz des Abwasserverbands Altenrhein (SG) (ETHZ)

Rust, Christian

Die ökologische Bedeutung von Inseln und Schotterbänken im Tagliamento (Friaul, Italien) am Beispiel der Laufkäferzönose (Carabidae, Insecta) (ETHZ)

Schenkel, Philippe

Nutrient dynamics in streams of an alpine glacial flood plain (ETHZ)

Schiller, Andreas

Nitrifikation im Wirbelbett (ETHZ)

Schmidt, Oliver

Brienzersee. Das Turbiditeignis vom Frühjahr 1996 (ETHZ)

Solcà, Luca

Reaktortechnisches Verhalten und Abbauleistung der Ozonstufe in der Aufbereitungsanlage Le Bettenaz in Porrentruy (JU) (Technischer Bericht) (ETHZ)

Studer, Sonja

Characterization of chromosoma integration sites of the clc-element from *Pseudomonas* sp. B13 (ETHZ)

Zimmermann, Bernhard

Entwicklung einer Methode zum PCR-Nachweis niedriger Zellzahlen von *Escherichia coli* (ETHZ)

Dissertationen**Arnold, Cedric G.**

Triorganotin compounds in natural waters and sediments: aqueous speciation and sorption mechanisms. ETHZ No. 12 542, Zürich 1998. [2405]

Binderheim-Bankay, Eva

Sanierungsziel für natürlich eutrophe Kleinseen des Schweizer Mittellandes. ETHZ No. 12 784.

Brunke, Matthias

The influence of hydrological exchange patterns on environmental gradients and community ecology in hyporheic interstices of a prealpine river. ETHZ No. 12 734, Zürich 1998. [2549]

Bucheli, Thomas D.

Occurrence and behavior of pesticides during storm water infiltration. ETHZ No. 12 414, Zürich 1997. [2403]

Buschmann, Johanna

Reduction of polyhalogenated alkanes and iron porphyrin as electron transfer mediator: system and product analysis. ETHZ No. 12 700, Zürich 1998. [2484]

Durner, Roland A.

Feast and starvation: accumulation of bioplastic in *Pseudomonas oleovorans*. ETHZ No. 12 691, Zürich 1998. [2410]

Eisenmann, Heinrich R.

Ecology of protozoa in the hyporheic zone of a prealpine gravel-bed river – abundance patterns and predatory importance. ETHZ No. 12 637, Zürich 1998. [2486]

Hilger, Sabine

Kolloidale und partikuläre Phosphoreinträge in zwei Hauptzuflüssen des Luganer Sees. ETHZ Nr. 12 807, [Zürich] 1998. [2550]

Jucker, Barbara Annemarie

Polymer interactions and bacterial adhesion. ETHZ No. 12 447, Zürich 1998. [2408]

Känel, Barbara R.

Effects of aquatic plant removal on lotic ecosystems. ETHZ Nr. 12 651, Zürich 1998. [2548]

Leveau, Johannes H.J.

Bacterial genetics of catabolic adaption to chloroaromatic compounds. ETHZ No. 12 536, Zürich 1998. [2409]

Müller Dick, Regula

Einfluss elektromagnetischer Felder auf Kristallisationsvorgänge: Praktische Anwendungen in der Schlammbehandlung von Kläranlagen und in Trinkwassersystemen. ETHZ Nr. 12 644, Zürich 1998.

Purtschert, Irene

Populationsdynamik bei Methanoleinsatz in denitrifizierenden Kläranlagen. ETHZ Nr. 12 492, [Zürich] 1997. [2404]

Raschke, Henning

Reactions catalysed by the chlorobenzene dioxygenase and *cis*-chlorobenzene dihydrodiol dehydrogenase of *pseudomonas* sp. strain P51. ETHZ No. 12 840, Zürich 1998. [2552]

Ravatn, Roald

Horizontal transfer of a 105-kb integrative element harbouring the chlorocatechol degradation genes from *pseudomonas* sp. strain B13. ETHZ No. 12 713, Zürich 1998. [2485]

Schäfer, Anke

Bacterial transport and pollutant degradation: influence of air-water interfaces and solid surfaces. ETHZ No. 12 416, Zürich 1997. [2332]

Schosseler, Paul M.

Electron paramagnetic resonance study of the copper(II) complexation with carbonate ligands in aqueous solution and at calcium carbonate surfaces. ETHZ No. 12 669, [Zürich] 1998. [2482]

Simon, Werner

Identification of physical and chemical processes in saturated soil columns. ETHZ No. 12 537, Zürich 1998 [2481]

Sticher, Patrick

Growth, physiology and application of selected alkane degrading microorganisms. ETHZ No. 12 581 Zürich 1998. [2547]

Suske, Winfried A.

Function, properties, and regulation of 2-hydroxybiphenyl 3-mono-oxygenase. ETHZ No. 12 847, Zürich 1998. [2551]

Ulmann, Peter

The importance of habitat diversity and connectivity for fishes in the Toess River with special emphasis on temporarily isolated pools. ETHZ No. 12 697, Kastanienbaum 1998. [2487]

Zeltner, Christoph

Petrologische Evaluation der thermischen Behandlung von Siedlungsabfällen über Schmelzprozesse. ETHZ Nr. 12 688, Zürich/Dübendorf 1998. [2483]

Zipper, Christian

Microbial degradation and environmental fate of chiral phenoxyalkanoic acid herbicides. ETHZ No. 12 543, Zürich 1998. [2406]

Habilitationen**Belevi, Hasan Dr.**

Umweltingenieurwissenschaften in Entsorgungssystemen (ETHZ)

Gessner, Mark

Limnologie (ETHZ)

Haderlein, Stefan Dr.

Umweltchemie (ETHZ)

Sulzberger, Barbara Dr.

Umweltchemie (Universität Bern)



Eine Forschungsanstalt
des ETH-Bereichs

Überlandstrasse 133
CH-8600 Dübendorf
Telefon 01-823 55 11
Telefax 01-823 50 28